

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**El vehículo eléctrico: Contexto actual y futuro.
Desarrollo de aplicación para la optimización
de su recarga**

**(Electric vehicle: Current and future contexts.
Development of an application for charge
optimization)**

Para acceder al Título de

***Graduado en
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación***

Autor: Carlos Mier Serrano
Septiembre – 2019

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: Carlos Mier Serrano

Director del TFG: Jesús Mirapeix Serrano

Título: “El vehículo eléctrico: Contexto actual y futuro. Desarrollo de aplicación para la optimización de su recarga”

Title: “Electric vehicle: Current and future contexts. Development of an application for charge optimization”

Presentado a examen el día: 23 de septiembre de 2019

para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): José Miguel López Higuera

Secretario (Apellidos, Nombre): Adolfo Cobo García

Vocal (Apellidos, Nombre): Jesús Mirapeix Serrano

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del TFG
(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Grado N°
(a asignar por Secretaría)

Índice

Capítulo 0 - CONTEXTO Y OBJETIVOS.....	1
Capítulo 1 - INTRODUCCIÓN: GENERACIÓN ELÉCTRICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍAS RENOVABLES.....	2
1.1 Conceptos previos	2
1.2 Cambio climático	2
1.2.1 Definición.....	2
1.2.2 Historia y tratados Internacionales	5
1.2.3 Estadísticas	7
1.2.4 Escenarios IPCC	10
1.3 Energías renovables	11
1.3.1 Motivación y tecnologías.....	11
1.3.2 Contexto actual.....	16
1.3.2.1 Contexto a nivel mundial	16
1.3.2.2 Contexto a nivel europeo	17
1.3.2.3 Contexto a nivel nacional (España)	22
Capítulo 2 - EL COCHE ELÉCTRICO EN ESPAÑA Y EUROPA.....	25
2.1 Visión general y definiciones	25
2.1.1 Aproximación histórica	25
2.1.2 Tipos de coche eléctrico	27
2.1.3 Modos de recarga	28
2.1.4 Tipos de conectores	28
2.2 Evolución y contexto actual	30
2.2.1 Progreso del mercado	30
2.1.2 Situación en Europa	31
2.2.3 Situación en España.....	34
2.2.3.1 Planes de ayuda.....	35
2.2.3.2 Infraestructura de recarga, situación actual y perspectiva	41
Capítulo 3 - DESARROLLO DE APLICACIÓN DE RECARGA	47
3.1 Finalidad.....	47

3.2 Fuentes de datos utilizadas	47
3.3 Funcionamiento de la aplicación	49
Capítulo 4 - CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	52
ANEXOS.....	53
GLOSARIO	57

Capítulo 0 - CONTEXTO Y OBJETIVOS

Desde hace unos años hasta ahora, la aparición y venta de coches eléctricos en nuestro día a día ha ido poco a poco convirtiéndose en algo habitual, provocando que su presencia haya crecido notablemente en el sector automovilístico a nivel europeo y mundial.

Si bien hasta hace relativamente poco la mayoría de los ciudadanos se mostraban reticentes ante la posible compra de este tipo de vehículos, actualmente diversos factores como la prohibición o restricciones de circulación en las ciudades para los vehículos de combustión, las ayudas gubernamentales a su compra, o la maduración de este tipo de tecnologías, han ayudado a que gradualmente se vayan haciendo un hueco en el mercado.

Esta implantación paulatina del vehículo eléctrico viene entre otras razones asociada a la necesidad de la reducción de emisiones (provocadas por la utilización de energías convencionales, contaminantes) cuya solución se ha basado en la apuesta por energías alternativas, más limpias y a ser posible, renovables como respuesta a la lucha contra el cambio climático. En este sentido, compararemos en qué medida los distintos países de la UE han crecido en la utilización de este tipo de energías respecto a España, para poder analizar qué grado de presencia tienen en proporción del total de la tasa de generación eléctrica de cada país.

Analizaremos en qué medida los gobiernos tanto a nivel nacional como europeo, han adoptado políticas que fomenten la compra de vehículos eléctricos, con el beneficio para los usuarios (al haberse aplicado los pertinentes descuentos a los precios de venta), así como la adecuación de las infraestructuras con la instalación de nuevas estaciones de recarga en las ciudades o en carreteras.

Para asociar todos estos conceptos, finalmente propondremos el diseño de una aplicación que permitirá al usuario decidir qué momento es el óptimo para realizar la recarga de un vehículo eléctrico en base a parámetros como la tasa de emisión de CO₂ o el coste del Kw/h en ese instante.

Capítulo 1 - INTRODUCCIÓN: GENERACIÓN ELÉCTRICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍAS RENOVABLES.

En este bloque introductorio vamos a realizar un breve repaso a los conceptos básicos sobre el cambio climático y las energías renovables estudiados en el tercer bloque de la asignatura *Energía y Telecomunicaciones*, correspondiente al 3^{er} curso del grado, y que nos servirán como punto de partida y justificación de los siguientes capítulos.

1.1 Conceptos previos

Nos referiremos a la **Energía primaria** cuando aludamos a aquella en la que los recursos naturales nos proveen de forma directa: por ejemplo, los combustibles fósiles (carbón, petróleo en crudo, gas natural...) o los aprovechados de ciclos naturales (corrientes de agua, la radiación solar...).

La energía que consumimos habitualmente no puede pues, obtenerse de manera *inmediata* de la naturaleza. **Energía de Uso Final** es la que se obtiene con los procesos, técnicas y tratamientos de esos recursos que permiten que sean transformados en energía, generalmente eléctrica, para su consumo.

El uso habitual de combustibles fósiles como fuentes de energía ha provocado un crecimiento acelerado de las emisiones y con ello, la concentración de gases perjudiciales para el medioambiente y nuestro entorno tal y como lo conocemos.

1.2 Cambio climático

→ 1.2.1 Definición

El calentamiento global, más conocido como *cambio climático*, se posiciona actualmente como el principal problema medioambiental [1]. Producido fundamentalmente por la acción del hombre, el cambio climático es uno de los motivos que han originado la búsqueda de nuevas fuentes de energía.

El clima de un lugar se define por parámetros como su latitud, altura y situación respecto al sol y al nivel del mar, las corrientes marinas o la dirección del viento, cuyas variaciones pueden producir cambios significativos en la humedad, temperatura, nivel de precipitaciones... y por tanto pueden presentar una gran influencia en el crecimiento y desarrollo socioeconómico de una población, algo a lo que las administraciones deben saber responder.

Una de las razones de la aparición del cambio climático es el **efecto invernadero**. El efecto invernadero [2] es un **fenómeno natural** por el cual la Tierra experimenta

un calentamiento debido a su atmósfera. La radiación solar atraviesa la atmósfera gracias a que ciertos gases lo permiten (entre otros, el vapor de agua, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, ozono...). De esta manera parte del calor que la Tierra transmite desde su superficie queda retenido en la atmósfera y resulta en un calentamiento de la propia atmósfera y de la superficie terrestre.

Algunas veces al referirnos al efecto invernadero pasamos por alto que de por sí es un efecto natural (gracias al cual la Tierra es habitable, ya que si no existiese se ha promediado que la Tierra tendría una temperatura unos 33°C más baja), y lo hacemos en un sentido negativo provocado por la acción del hombre, por ejemplo, con la emisión de gases de efecto invernadero (que a partir de ahora denominaremos *GHGs*) desde el inicio de la revolución industrial.

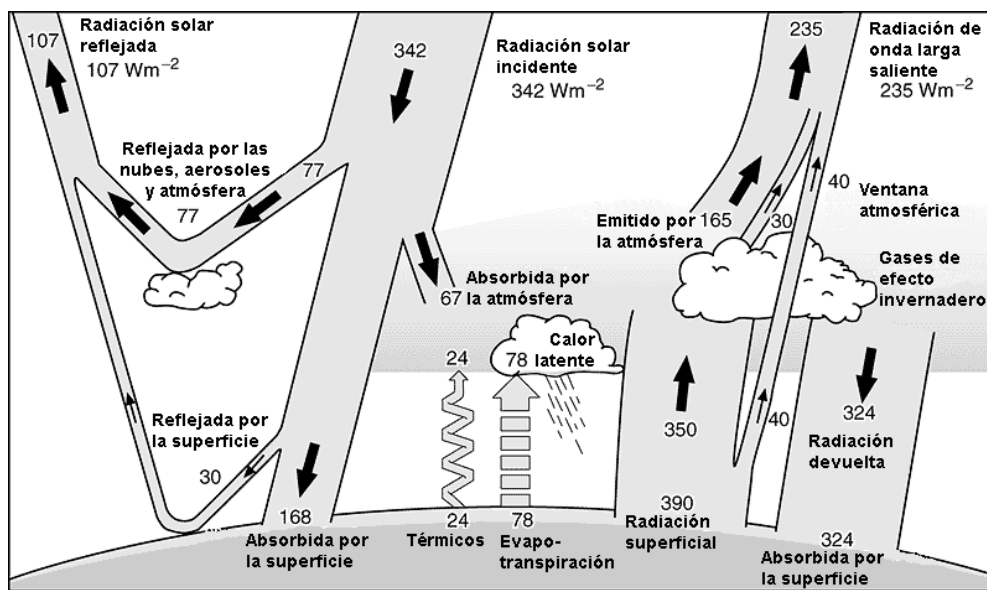


Figura 1: Ciclo de vida del efecto invernadero [3].

A continuación citaremos algunos de los principales gases de efecto invernadero [4]:

- **Dióxido de Carbono:** Se le considera como el mayor impulsor del calentamiento global. Si a finales del siglo XIX, los niveles de dióxido de carbono eran de 280 partes por millón (*ppm*), ahora las concentraciones están alrededor de 380 *ppm*. Las fuentes naturales del dióxido de carbono incluyen plantas en descomposición y materia animal, incendios forestales naturales y volcanes. Las principales fuentes humanas de CO_2 proceden de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y de la deforestación. Bosques y cambio climático están estrechamente relacionados [5], pues los bosques almacenan grandes cantidades de dióxido de carbono, y contribuyen considerablemente a reducir el calentamiento global y, cuando se destruyen, ese carbono que almacenaban en sus troncos vuelve a la atmósfera, causando un doble impacto negativo. De hecho, se estima que entre el **25 y 30** por ciento de los gases de efecto invernadero que cada año se liberan a la atmósfera se deben a la deforestación. Además de los árboles en sí, el conjunto de la biomasa forestal, como por ejemplo la materia orgánica del suelo, también funciona como sumidero de carbono. Los bosques y los

árboles favorecen la agricultura sostenible porque, entre otras cosas, estabilizan los suelos y el clima, así como ofrecen sustento a miles de ecosistemas.

- ✚ Metano: Se crea por la descomposición de la materia orgánica que procede en gran parte de los vertederos, el ganado bovino y el resto del sector ganadero. Los hidratos de metano, combinación congelada de metano y agua, se encuentran en grandes cantidades en el mar. Es posible que un cambio climático continuo pudiese liberar esas reservas congeladas de metano. Es un gas más activo que el dióxido de carbono, aunque menos abundante.
- ✚ El vapor de agua: Es el más abundante y funciona como un gas que actúa en **retroalimentación** con el clima, a mayor temperatura de la atmósfera, más vapor, más nubes y más precipitaciones.
- ✚ Óxido nitroso: Es el único óxido de nitrógeno que actúa como gas de efecto invernadero. Sin embargo, como el metano, el óxido nitroso se encuentra en concentraciones mucho menores que el dióxido de carbono en la atmósfera. El óxido nitroso es emitido por las bacterias del suelo, por lo que la agricultura y el uso de fertilizantes con base de nitrógeno, junto con el tratamiento de los residuos animales, aumentan la presencia de óxidos nitrosos. Algunas industrias y la quema de combustibles en motores de combustión también liberan óxido nitroso.
- ✚ Los Clorofluorocarbonos (CFCs): Son compuestos sintéticos de origen industrial, tienen unas propiedades físicas que los hacen muy eficaces como **refrigerantes**. Por ello, son unos compuestos muy útiles comercialmente con extensas aplicaciones como refrigerantes, gases propelentes en sprays y en espumas, aerosoles... Actualmente están ampliamente regulados respecto a su producción y liberación a la atmósfera para evitar la destrucción de la capa de ozono.

GHG	Pre-industrial	Actualidad	Fuerza radiativa (W/m^2)
CO2	280 ppm ¹	387 ppm	1.46
Metano	700 ppb	1745 ppb	0.48
NO2	270 ppb	314ppm	0.15
CFC-12	0	533ppt	0.17

Figura 2: Comparativa de la concentración de GHGs [6].

Estos gases provocan que la radiación solar, al llegar a la superficie terrestre, sufra una atenuación sumada a los distintos procesos que se suceden durante su recorrido a través de la atmósfera:

- **Absorción** selectiva por los gases atmosféricos (principalmente el oxígeno, el ozono y el dióxido de carbono), el vapor de agua, nubes y partículas en

suspensión en el aire. La absorción resulta en una pérdida efectiva de energía en la atmósfera y se produce en longitudes de onda determinadas.

- **Scattering** de Rayleigh, se produce cuando la radiación interactúa con moléculas atmosféricas y otras partículas pequeñas cuyo diámetro es menor que la longitud de onda de la radiación incidente. Las longitudes de onda más cortas tienden a ser más afectadas por esta modalidad de dispersión, que las longitudes de onda más largas. El color azul del cielo es un ejemplo de este tipo de dispersión.
- **Reflexión** difusa, producida por las irregularidades de las nubes o suspensiones (aerosoles...).

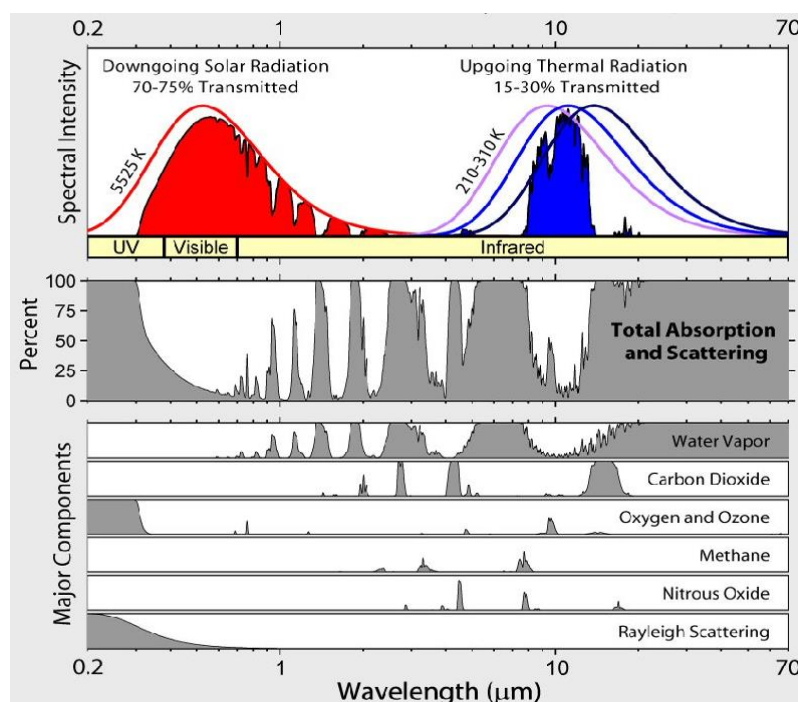


Figura 3: Espectro de absorción en la atmósfera [7].

En la figura se ha representado el espectro de absorción generado por la contribución de los diferentes gases de efecto invernadero. Puede apreciarse como el principal GHG es el vapor de agua. Evidentemente, cuanto mayor sea la concentración de cada gas, mayor será su efecto para bloquear la radiación saliente. Sólo una parte del espectro teórico de la tierra (la llamada radiación de los cuerpos negros) se emite realmente al espacio. Esta fracción se llama ventana atmosférica. El resto es absorbido principalmente por el agua y el dióxido de carbono.

→ 1.2.2 Historia y tratados Internacionales

El clima en la Tierra comenzó a alterarse notablemente a finales del siglo XIX cuando el incremento de la temperatura del planeta comenzó a ser una evidencia debido principalmente a la gran industrialización que se había implantado en la mayoría de países. Esto motivó la puesta en marcha de diversos organismos internacionales que

pretendieron regular el efecto que las emisiones estaban comenzando a provocar en el clima a nivel mundial.

En 1988 la ONU constituye, a petición de los estados miembros, el *IPCC*, encargado de proveer informes para evaluar información científica, técnica y socioeconómica actual sobre el riesgo de cambio climático, sobre el riesgo provocado por la actividad humana, sus potenciales consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y las posibles opciones para adaptarse a esas consecuencias o mitigar sus efectos. La principal actividad del IPCC es publicar informes sobre asuntos relevantes a la implementación de la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**.

Al cabo de tres años de haberse aprobado la convención, el IPCC publicó su segundo informe donde se concluía que el clima en el ámbito mundial ya había sufrido variaciones debido a las emisiones de gases de efecto invernadero. En 1997 y los países firmaron un tratado internacional [8] (**Protocolo de Kyoto**) como complemento a la convención, donde se apostaba por medidas más decididas, como compromisos relacionados a la reducción o limitación de emisiones. El Protocolo de Kyoto entró en vigor a comienzos de 2005 y fijaba objetivos de reducción de emisiones de GHG para los principales países desarrollados y economías en crecimiento, con un calendario de cumplimiento. Los países industrializados deberían reducirlas en un 5% en el período 2008-2012, respecto a comienzos de la década de los 90.

Sin embargo, este tratado quedó en suspensión [9] cuando algunos países rechazaron finalmente suscribirse al acuerdo. Estados Unidos lo firmó de forma simbólica, aunque según su gobierno, no significara que estuviesen en contra de reducir las emisiones, sino que consideraron que este protocolo era deficiente y que otorgaba mucha ventaja a los países en vías de desarrollo en perjuicio de los países industrializados.

La cumbre más importante y más reciente relacionada con el cambio climático se celebró en París en **2015** [10], donde se adoptó el **Acuerdo de París**, que busca evitar que el aumento de la temperatura promedio del planeta alcance los 2°C respecto a los niveles previos a la industrialización y trata, además, de promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los **1,5°C**. De esta manera, el Acuerdo recoge la pretensión para reducir los riesgos y los impactos del cambio climático en todo el mundo y, al mismo tiempo, incluye todos los elementos necesarios para que se pueda alcanzar este objetivo.

Además, reconoce la necesidad de imponer un límite al nivel de emisiones lo antes posible, asumiendo que esta tarea llevará más tiempo para los países en vías de desarrollo. En cuanto a las sendas de reducción de emisiones a medio y largo plazo, se establece la necesidad de un equilibrio entre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero para la segunda mitad de siglo. El Acuerdo de París entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, una vez que, el 5 de octubre de ese año, más de 55 países, que representan más del 55% de las emisiones globales, lo habían ratificado (España corroboró el Acuerdo de París ante la ONU en enero de 2017).

Para evitar incumplimientos, se establecería un sistema de presentación de información y revisión de calidad para todos los países. Este marco cubre la información sobre emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero y sobre el apoyo (financiación, tecnología, etc.), tanto proporcionado como recibido por todos los países. Adicionalmente se incluye un ciclo de revisión que establece que, cada 5 años (comenzando en 2023), es necesario hacer un balance del estado de la implementación del Acuerdo, incluyendo el progreso respecto al **objetivo de los 2°C**.

→ 1.2.3 Estadísticas

En esta sección analizaremos diferentes datos numéricos y gráficos que nos van a proporcionar una visión más clara de las consecuencias del cambio climático en los últimos años.

Se han observado incrementos de la temperatura de la superficie y atmósfera terrestre, de los océanos, así como del contenido de vapor de agua en la atmósfera y en el nivel medio del mar. De 1880 a 2017 la temperatura media mundial ha subido 1 °C y está aumentando a un ritmo de 0,2 °C por década.

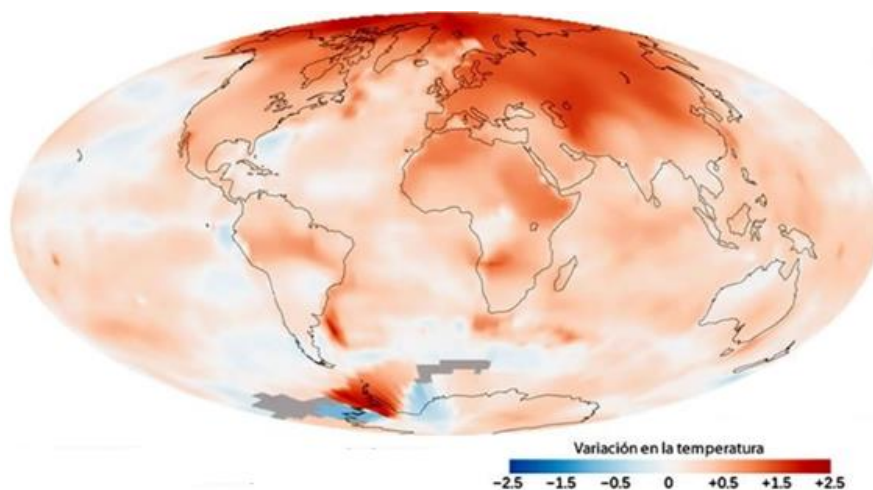


Figura 4: Mapamundi que muestra la diferencia entre la media de temperatura de 10 años (2000 a 2009) comparado con el promedio de 1951 a 1980. Nótese que el aumento de temperaturas es mayor en los polos y que hay un crecimiento generalizado [11].

En concreto, se ha observado un aumento de aproximadamente 0,8°C desde que se realizan mediciones fiables (dos tercios de este aumento desde 1980). En promedio, la temperatura aumentó aproximadamente 0,6°C en el siglo XX, pero si el incremento de la temperatura global llegase a alcanzar en algún momento los dos grados, por ejemplo, el océano Ártico se deshelaría por completo en verano una vez cada diez años. Si el calentamiento se limitase a un grado y medio, lo haría una vez al siglo.

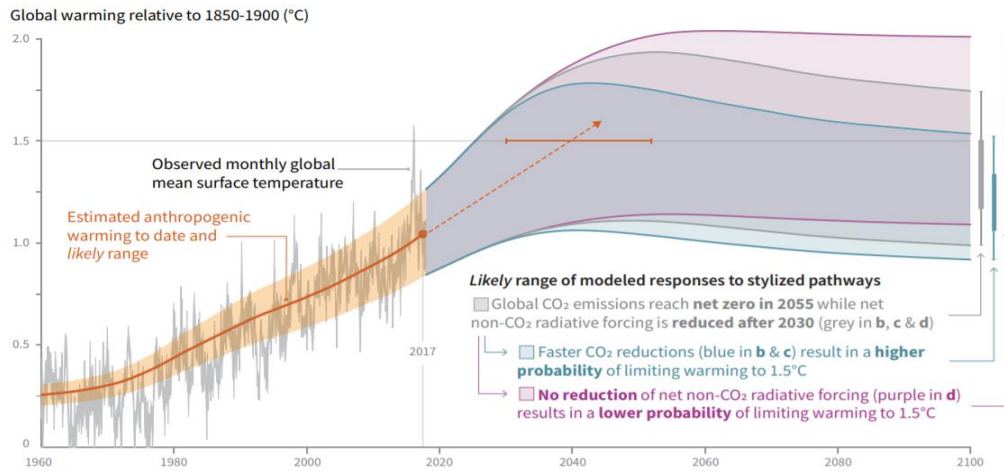


Figura 5: Temperatura media global de la superficie terrestre observada (línea naranja continua hasta 2017), y estimada (línea naranja discontinua). El sombreado en naranja indica el rango probable evaluado. Se muestran respectivamente la estimación central y el rango probable del tiempo en el que se alcanzará los 1.5 °C si la tasa actual de calentamiento continua [12].

El calentamiento global producido por la acción del hombre alcanzó en 2017 aproximadamente 1°C [13] sobre el nivel previo a la industrialización. El calentamiento es mayor en muchas otras regiones, en concreto en la región ártica este calentamiento se sitúa entre el doble y el triple de la media global. El calentamiento está actualmente aumentando a un ritmo de 0,2°C por década debido a las emisiones pasadas y presentes de gases de efecto invernadero. En caso de que las emisiones continuasen al ritmo actual se alcanzaría ese calentamiento de 1,5°C entre 2030 y 2052. Limitar el calentamiento a 1,5°C requerirá durante las próximas dos décadas un cambio en los sistemas de energía, de agriculturas, urbanos (transporte y construcción) e industrial.

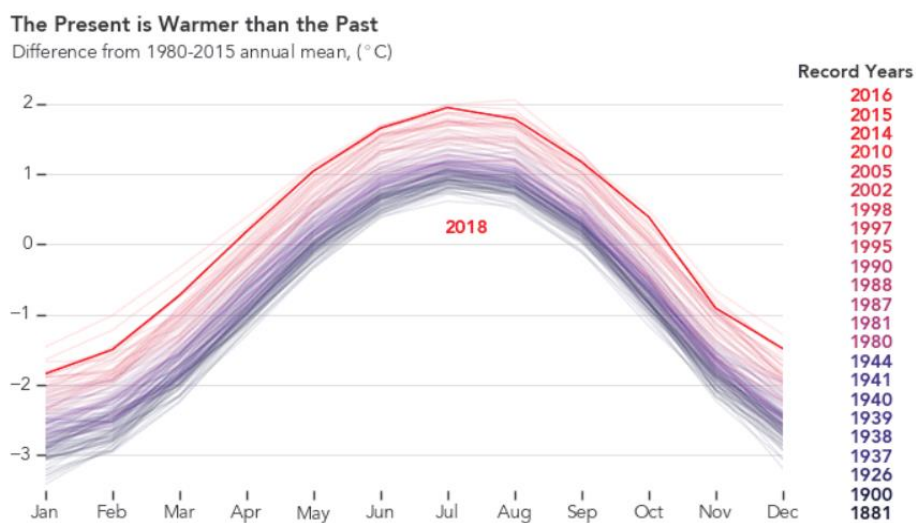


Figura 6: Ciclo estacional en las anomalías de la temperatura global para cada mes desde 1880. Cada línea muestra hasta qué punto la temperatura mensual global estuvo por encima o por debajo de la media global del período 1980-2015 [11]

Una demanda baja de energía, un bajo consumo material y un consumo de alimentos de baja intensidad en términos de gases de efecto invernadero ayudarán a facilitar este objetivo. También se necesitarán de importantes acciones a corto plazo por parte de países y miembros no gubernamentales, y una transición del sistema sin precedentes en términos de escala, durante las próximas dos décadas.

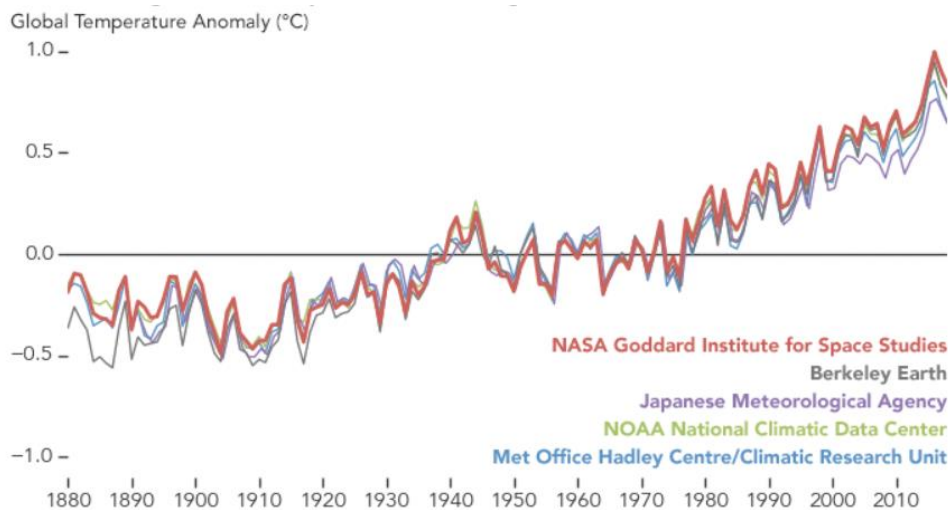


Figura 7: Gráfica de las anomalías de temperatura anuales desde 1880 hasta 2018 (respecto de la media de 1951-1980) según lo registrado por la NASA, NOAA, la Agencia Meteorológica de Japón, el grupo de investigación de la Tierra de Berkeley y el Met Office Hadley Center (UK). Todas muestran un calentamiento acelerado en las épocas recientes, y se puede observar que la última década ha sido la más cálida. [11].

Simultáneamente, se han producido disminuciones de la masa de hielo en los casquetes de Groenlandia y la Antártida, así como las dimensiones de la mayoría de los glaciares de montaña. Otro ejemplo es el relativo a los efectos del cambio climático en las costas. Entre las principales consecuencias del cambio climático en estas zonas se encuentran la reducción o pérdida de playas, el retroceso de deltas o la desaparición de humedales como consecuencia de la elevación del nivel del mar.

Durante el período de 1971 a 2010, el océano se ha calentado a una velocidad promedio de $0,1^{\circ}\text{C}$ por década [14]. Este incremento de temperatura puede parecer pequeño, pero deben verse en relación con la gran masa de agua que se ha calentado. El océano acumula más del 90% de la energía en el sistema climático y ello es debido a su gran volumen y a su inercia térmica, 4000 veces mayor que la del aire. Cuanto de tarde o temprano superemos el umbral de aumento de temperatura de 1.5°C o 2°C depende en gran media del estado del océano, su circulación y su interacción con la atmósfera, pues las predicciones climáticas se basan en el desarrollo de modelos acoplados océano-atmósfera. La temperatura del agua representa uno de los elementos fundamentales que regulan la vida marina, por lo que los aumentos de temperatura están provocando ya grandes variaciones bajo la superficie del agua,

entre los que cabe incluir alteraciones significativas en la distribución de especies marinas.

Se estima que los océanos, el mayor sumidero de carbono de nuestro planeta, han absorbido alrededor del 40 % de todo el dióxido de carbono emitido por la población desde la Revolución Industrial [15]. Al captar los océanos ese CO₂ generado por la actividad humana (fenómeno conocido como **acidificación** de los océanos), se perjudica directamente con la disminución del pH del agua de mar, lo que convierte sus aguas más ácidas, especialmente en los primeros 100 metros de profundidad. Cualquier reducción de la capacidad de los océanos para capturar dióxido de carbono de la atmósfera probablemente aumente su concentración global en aquella y, por tanto, contribuirá a intensificar el cambio climático, además de afectar a especies marinas, como los corales o los crustáceos. Ello podría evolucionar en cambios radicales de los ecosistemas marinos con consecuencias socioeconómicas notables. De aquí a 2100, si las emisiones de CO₂ se mantuviesen en el nivel actual, el sector del marisco podría llegar a pérdidas de 130.000 millones de dólares anuales.

→ 1.2.4 Escenarios IPCC

Para de alguna manera prever o “planificar” la evolución del clima a nivel mundial [16] en los próximos años, la IPCC ha presentado una serie de posibles futuras situaciones, conocidos como escenarios *SRES*. Son de importancia en la evaluación, modelado, adaptación y mitigación de impactos ambientales. Hay un total de 40 escenarios, cada uno con sus propios supuestos sobre tendencias futuras del uso de suelo, del desarrollo social, económico y tecnológico, la intensidad del uso de energías fósiles y niveles de consumo. Estos escenarios se dividen a su vez en 4 subgrupos [17], que buscan distintas vías de progreso sostenibles, añadiendo una lista de motivos económicos, demográficos... asociados a las emisiones de GHG:

- Escenario A1: Implica un crecimiento muy acelerado de la economía mundial, unido a una cúspide de la población mundial que luego desciende ligeramente. Se reduce la diferencia entre regiones en relación con los ingresos per cápita se reduce sustancialmente. De este primer subgrupo se desarrollan otras 3 clases definidas por el modo de obtención de la energía (sólo de combustibles fósiles, sólo de fuentes no fósiles, o de un rango intermedio entre ambas).
- Escenario A2: Describe un aumento de población constante y el desarrollo económico está orientado regionalmente. El crecimiento tecnológico y económico ésta a su vez más fraccionado que en el escenario anterior.
- Escenario B1: Se parte de la misma población que en el escenario A1, pero ahora la sociedad se orienta hacia una economía de servicios. Se apuesta por una rebaja en el consumo, por el uso de tecnologías limpias y más eficientes y se pone el foco en soluciones globales más sostenibles.

- **Escenario B2:** En este escenario se hace hincapié en proyectos de ámbito más local encaminados hacia la sostenibilidad social, económica y ambiental. La población presenta una tendencia creciente, pero a niveles más lentos que en los otros escenarios. La sociedad está orientada hacia la protección ambiental.

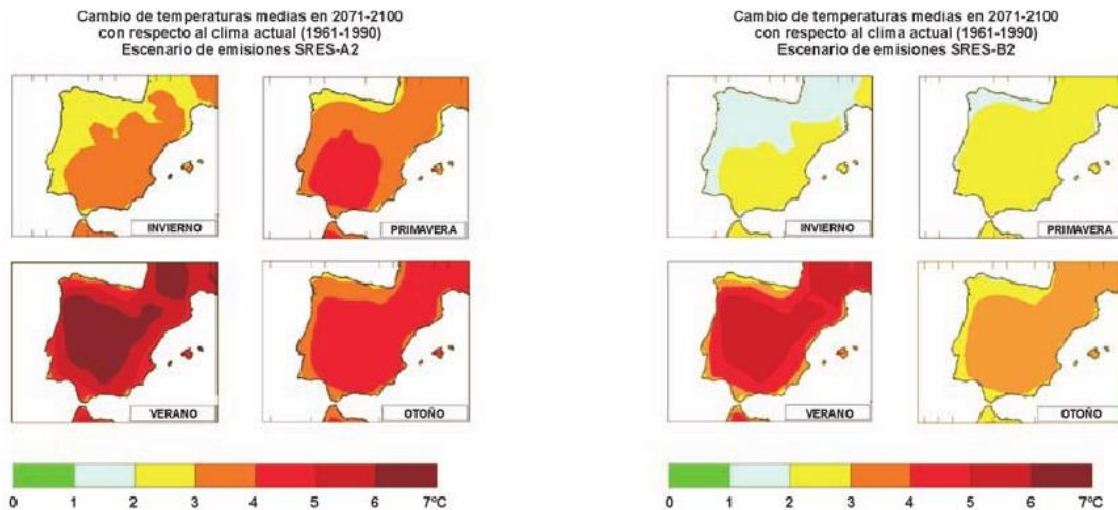


Figura 8: Previsiones de variaciones de temperatura en España bajo los escenarios SRES A2 y B2 [18].

1.3 Energías renovables

→ 1.3.1 Motivación y tecnologías

Como hemos visto, la disyuntiva climática provocada esencialmente por la actividad humana sugiere la necesidad de búsqueda de nuevas vías para abastecer nuestras actividades cotidianas. Es entonces cuando surge el concepto de **Energía Renovable**.

Las energías renovables son fuentes de energía generalmente **limpias, inagotables** y crecientemente competitivas. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen por lo general gases de efecto invernadero ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras que la tendencia general de costes de los combustibles fósiles se espera que sea la opuesta. El carbón, el petróleo y el gas natural son tres de las fuentes de combustibles fósiles de las que dependemos principalmente para cubrir nuestras necesidades energéticas. El problema fundamental de los combustibles fósiles es que **no son renovables**. Se almacenan de forma subterránea o terrestre por millones de años, y tienen la característica de ser un recurso **limitado** y llegará el día en el que se agoten por completo sus existencias.

Entre las **energías renovables** más comunes [19] encontramos:

- **Energía eólica:** Se aprovecha mediante la transformación de la energía cinética del viento en energía eléctrica. El viento incide sobre las palas del aerogenerador y lo hace girar, este movimiento de rotación se transmite al generador. Para favorecer la circulación del aire sobre la superficie de las palas, evitar la formación de turbulencias y maximizar la diferencia de presiones, se eligen perfiles de pala con formas convenientes desde el punto de vista aerodinámico. Casi todos los aerogeneradores están formados por palas que rotan alrededor de un eje, que está unido a una caja multiplicadora (de cambios) y a un generador, situados en la parte interior de la góndola. La góndola es la parte de mayor tamaño que hay en lo alto de la torre, donde se concentran todos los componentes mecánicos y la mayor parte de los componentes eléctricos.

La energía eólica sigue siendo una de las tecnologías más eficientes [20] para producir energía de forma segura y ambientalmente sostenible: sin emisiones, autóctona, inagotable y competitiva. No obstante, presenta ciertos inconvenientes:

- 1) El viento es difícil de predecir y la disponibilidad de viento para la producción de energía no es constante. La energía eólica no es apropiada por tanto si se espera una producción estable, por lo cual las turbinas eólicas tienen que ser usadas a la par con otras fuentes de energía para satisfacer nuestra demanda energética de forma continua.
 - 2) Impactos medioambientales tanto al ser humano como a la fauna (visual, ruidos...)
 - 3) Los aerogeneradores se encuentran generalmente en zonas estratégicas (áreas en las que la presencia de vientos sea habitual) lo que origina que la transmisión de la energía desde donde se produce hasta los centros de consumo es, en muchos casos, costosa.
 - 4) Los aerogeneradores solo funcionan correctamente cuando la velocidad del viento se encuentra en un intervalo determinado. A velocidades menores la energía no resulta rentable y a mayores supone un riesgo físico para la estructura (generalmente suele pararse por razones de seguridad o regularse mediante diversas estrategias, como el cambio de ángulo de ataque de las palas o el diseño de las mismas para entrar en pérdida aerodinámica).
- **Energía solar:** la energía que se obtiene del sol. Las principales tecnologías son la **solar térmica** [21] (aprovecha el calor del sol) y la **solar fotovoltaica** (aprovecha la luz del sol):

- I. *Energía solar térmica*: Se aprovecha la energía solar para generar calor. De esta manera, se recoge ese calor concentrado, generalmente, para calentar directamente líquidos y gases. En función del rango de temperatura de trabajo distinguiremos entre energía solar térmica de baja temperatura (por debajo de 90°C , dirigida al suministro de agua caliente sanitaria), de media temperatura (entre 90°C y 400°C , se concentra la radiación en un tubo que contiene un fluido que, al calentarlo, se utiliza para generar electricidad por medio de una turbina), y de alta temperatura (mayor de 400°C , similar al anterior pero se utilizan sales fundidas, que permiten mantener el calor durante más tiempo, llegando a permitir la generación durante el día y la noche, evitando de este modo uno de los grandes problemas de la energía solar: su intermitencia).
 - II. *Energía solar fotovoltaica*: Se aprovecha la radiación solar transformándola directamente en energía eléctrica gracias al efecto fotoeléctrico, que consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (en este caso radiación solar). Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados laminados fotovoltaicos (existen distintas tecnologías fotovoltaicas, aunque la mayoría se basan en el silicio). La conexión en serie de varios paneles permite obtener diferencias de potencial mayores, pues una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su propiedad modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta instalaciones más pequeñas como paneles para tejados.
- **Energía hidráulica o hidroeléctrica**: la energía que se obtiene de los ríos y corrientes [22], aprovechando la energía cinética de una masa de agua. El agua mueve una turbina cuyo movimiento de rotación se transfiere, mediante un eje, a un generador de electricidad. Hasta mediados del siglo XX la energía hidráulica fue la principal fuente para la producción eléctrica a gran escala.

Distinguimos distintos tipos de centrales hidráulicas:

- 1) Centrales a pie de presa, son aquellas situadas debajo de los embalses destinados a usos hidroeléctricos o a otros fines como abastecimiento de agua a poblaciones, riego... susceptibles de producir energía eléctrica. Tienen la ventaja de almacenar la energía (en este caso el agua) y poder emplearla en los momentos en que más se necesiten. El agua es embalsada y forzada a pasar por un canal hacia un nivel de menor altura donde se generará la energía eléctrica a su paso por la turbina.
- 2) Centrales con modificación parcial del cauce de un río: Se toma parte del caudal y se conduce hacia la central en cuestión. Después, el agua es devuelto al cauce del río. Estas centrales se caracterizan por tener

un ciclo de trabajo prácticamente continuo, y un caudal muy variable, dependiendo de la hidrología.

3) Centrales de bombeo: El agua contenida en el embalse situado en el nivel más bajo, es bombeada durante las horas de menor demanda eléctrica al depósito situado en la cota más alta, con el fin de pasarla de nuevo por la turbina posteriormente, para generar electricidad en las horas de mayor consumo eléctrico. Este sistema constituye a día de hoy el principal sistema de almacenamiento de energía a gran escala en la red y permite una mejora en la eficiencia económica de la explotación del sistema eléctrico.

- **Biomasa y biogás:** Consiste en la obtención de energía con la quema de materia orgánica, principalmente madera, materia orgánica de las aguas residuales y de depuradoras, así como la parte orgánica de residuos sólidos urbanos. La industria agrícola y forestal producen grandes cantidades de residuos, y aunque gran parte de ellos se necesitan para proteger los hábitats, el suelo y los ciclos de los nutrientes, gran cantidad podrán ser tratados de forma sostenible para su uso como biomasa.

Sin embargo, este tipo de energía ha generado cierta controversia. Por un lado, se considera renovable pues la quema de plantas puede usarse como abono para nuevos cultivos. Pero a su vez, tampoco podemos calificarla como una energía limpia, pues los gases que se producen durante la combustión son contaminantes.

Otra posibilidad es usar la biomasa para conseguir biogás y biocombustibles. Esto se hace en depósitos en los que se van acumulando y descomponiendo restos orgánicos, residuos de cosechas y otros materiales. Una vez que estos restos fermentan, debido a la acción de los microorganismos y la mezcla de gases producidos se pueden almacenar o transportar para ser usados como combustibles. El uso de biomasa como combustible presenta la ventaja de que los gases producidos en la combustión tienen mucho menor proporción de compuestos de azufre, respecto de los procedentes de la combustión del carbono.

- **Energía geotérmica:** Es el aprovechamiento de la energía calorífica contenida en el interior de la Tierra (volcanes, aguas termales, géiseres...). Se trata pues, de la energía calorífica que se transmite desde las capas más profundas de la Tierra hacia las capas más externas.

Sus posibilidades de utilización dependerán del rango de temperatura en el que nos encontremos [24]: producción de electricidad (T_{as} mayores de 150°C), aplicaciones térmicas para el ámbito industrial o urbano (de 100 a 150°C), servicios de calefacción y refrigeración mediante bombas de calor (menos de 100°C generalmente). Al igual que sucedía con las tecnologías ya expuestas, en este caso también el emplazamiento de las centrales debe estar debidamente escogido, en función de dónde se puedan explotar de manera

óptima los recursos geotérmicos (se requerirá de sondeos previos para analizar la temperatura del futurible pozo). Los tipos de centrales más habituales son:

- I. Vapor seco: se aprovecha las fracturas existentes en el suelo para transmitir el vapor a una turbina, que produce el movimiento de un generador.
 - II. Flash: El agua caliente sale por el pozo a una presión elevada, y una vez la presión disminuye y el agua pasa a vapor, se utiliza para accionar una turbina. Es el ejemplo más común.
 - III. Ciclo binario: El agua caliente circula por un intercambiador de calor, que contiene otro fluido con una temperatura de ebullición menor que la del agua, generando vapor a temperaturas más bajas y originando el movimiento de la turbina.
- **Energía mareomotriz:** Se produce gracias al movimiento generado por las mareas [23]. El fenómeno de las mareas, es decir, la fluctuación periódica del nivel de los océanos, se debe principalmente a la atracción gravitatoria de la Luna, en menor medida del Sol y al movimiento de rotación de la Tierra. Con la variación de las mareas, la energía es aprovechada por unas turbinas, las cuales a su vez mueven la mecánica de un alternador que genera energía eléctrica. Finalmente, este último está conectado con una central en tierra que distribuye la energía por la red eléctrica. La ubicación óptima suele situarse en ríos profundos, desembocaduras (estuarios) hacia el mar, y debajo de ésta, aprovechando las corrientes marinas, si bien el requisito principal es que allí donde se encuentren las turbinas la diferencia entre los niveles de bajamar y pleamar sea significativa (se suele estimar un límite de 5 metros)
 - **Energía undimotriz u olamotriz:** Se aprovecha de la energía contenida las olas [24]. En muchas zonas del mundo las olas de mares y océanos son suficientemente consistentes como para generar energía de manera continuada. Las olas tienen la mayor densidad de energía de todas las energías renovables (por ejemplo, el agua es capaz de generar hasta 1.000 veces más cantidad de energía que el viento). Las 3 tecnologías más destacadas son [25]:
 - I. Boyas: Al absorber el movimiento vertical de las olas, un gran volumen de agua impulsa un pistón en un cilindro que fuerza a que el aire suba o baje. El aire desplazado hace girar una turbina en la parte superior. La corriente es transmitida a tierra por un cable submarino.
 - II. Serpiente marina o *Pelamis*: Se compone de varios cilindros articulados unidos entre sí. La ola induce un movimiento entre unos cilindros respecto a los otros y que es resistido por unas

articulaciones hidráulicas, las cuales aprovechan esta energía para bombear aceite de alta presión a los acumuladores. Se utilizan en condiciones marinas desfavorables.

- III. *AWS (Archimedes Wave Swing)*: Su estructura está formada por una parte fijada anclada al fondo y otra móvil (semejante a un flotador lleno de aire) que se mueve en función del oleaje. El movimiento entre ambos componentes hace que el aire que contiene el flotador se comprima para equilibrar las presiones entre ambos. Este movimiento se transforma en electricidad por la acción de un sistema hidráulico y un conjunto motor-generador.

→ 1.3.2 Contexto actual

○ 1.3.2.1 Contexto a nivel mundial

La sustitución de las fuentes de energía convencionales por energías renovables no se ha realizado en los mismos plazos en cada país/continente. En esta sección repasaremos los últimos acuerdos legislativos alcanzados sobre la materia y realizaremos una comparativa de la evolución de dichas energías en el continente y en España.

El informe presentado por *REN21* que resume la situación de las EERR a nivel global en 2018 expone una conclusión clara: el sector energético está evolucionando hacia un futuro de energías renovables, (entre China, EE. UU. y la UE componen el 75% de las inversiones en EERR a escala mundial), pero esta transición no está produciéndose tan rápido como sería conveniente. En economías emergentes y países en desarrollo, en “islas energéticas” u otras áreas aisladas, la apuesta por EERR desde un inicio hace que pueda ser una opción incluso más competitiva respecto a otras alternativas de suministro.

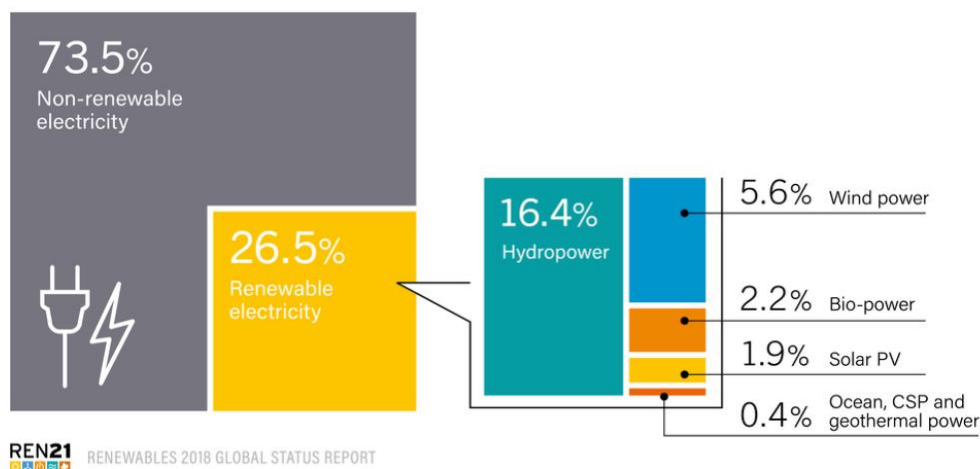


Figura 9: % contribución de EERR respecto al total de producción eléctrica [26].

La capacidad total de EERR prácticamente se ha duplicado en la última década, alcanzando los 2200 GW (lo que supone poder abastecer el 26.5% del suministro eléctrico mundial), siendo la energía hidráulica la que mayor tasa de generación presenta, si bien la solar FV y la eólica son las que más han crecido en este período, como se observa en la siguiente figura:

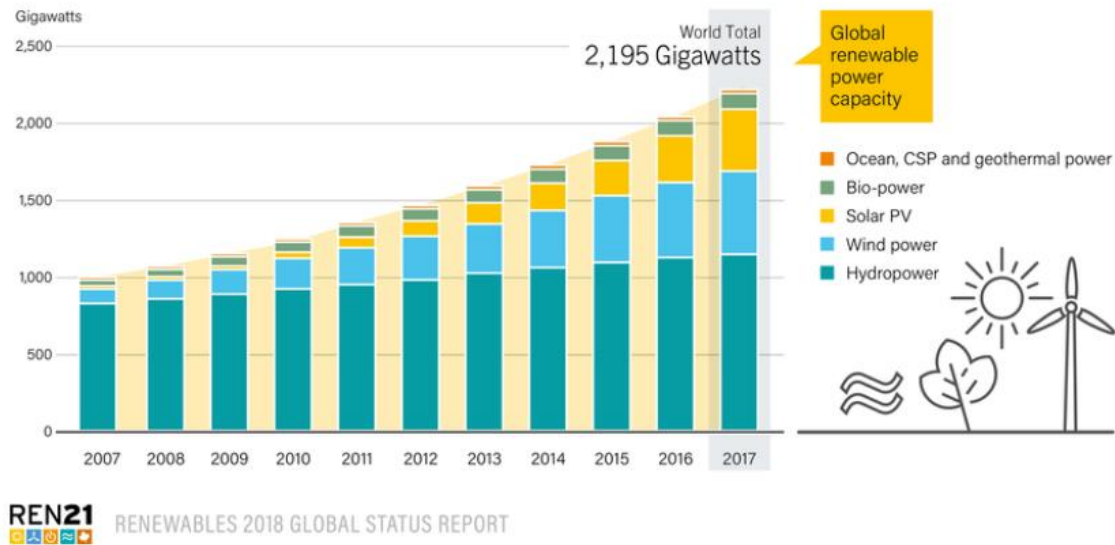


Figura 10: Crecimiento de la capacidad de EERR en el período 2007-2017 [26].

Este incremento de las EERR viene motivado por diversos factores como el aumento de la demanda energética debido al aumento de la población y/o a las políticas de apoyo gubernamentales en algunas zonas, y asociado a la rebaja del coste de las tecnologías (sobre todo en la solar fotovoltaica). Se calcula que en 2017 en torno a 17 países produjeron algo más del 90% de la electricidad a partir de fuentes renovables.

○ 1.3.2.2 Contexto a nivel europeo

El Parlamento Europeo fijó en 2009 con la directiva 2009/28/CE [27] el compromiso de que para el año 2020 las energías renovables aporten el 20% de la demanda total de energía de la Unión. Asimismo, se estableció el objetivo de que los países miembros garantizaran un mínimo de un 10% de energía procedente de fuentes renovables para el transporte, en detrimento de la utilización de combustibles fósiles. Cada 2 años, los países presentan un informe en el que detallan su progreso y evolución hacia esos objetivos marcados. Basándose en estos reportes, la Comisión genera entonces un informe a escala de toda la UE, que presenta un enfoque más genérico de las políticas energéticas aplicadas. En el último escrito presentado en 2017 [28] se mostraron los siguientes avances:

- El sector del transporte llegó al 6% de las energías renovables en 2015, por lo que algunos países deberán incrementar su empeño en alcanzar el objetivo del 10% para 2020.

- El consumo final de energía en la UE en su conjunto alcanzó el 16% de las energías renovables en 2014 y una estimación del 16,4% en 2015. Esto motivó un incremento de la eficiencia energética al reducirse ese consumo.
- La gran mayoría de los países de la UE están en buen camino de cara a poder alcanzar los objetivos en 2020 respecto al % de utilización de energías renovables, pero todos deberán continuar trabajando para cumplir lo acordado.

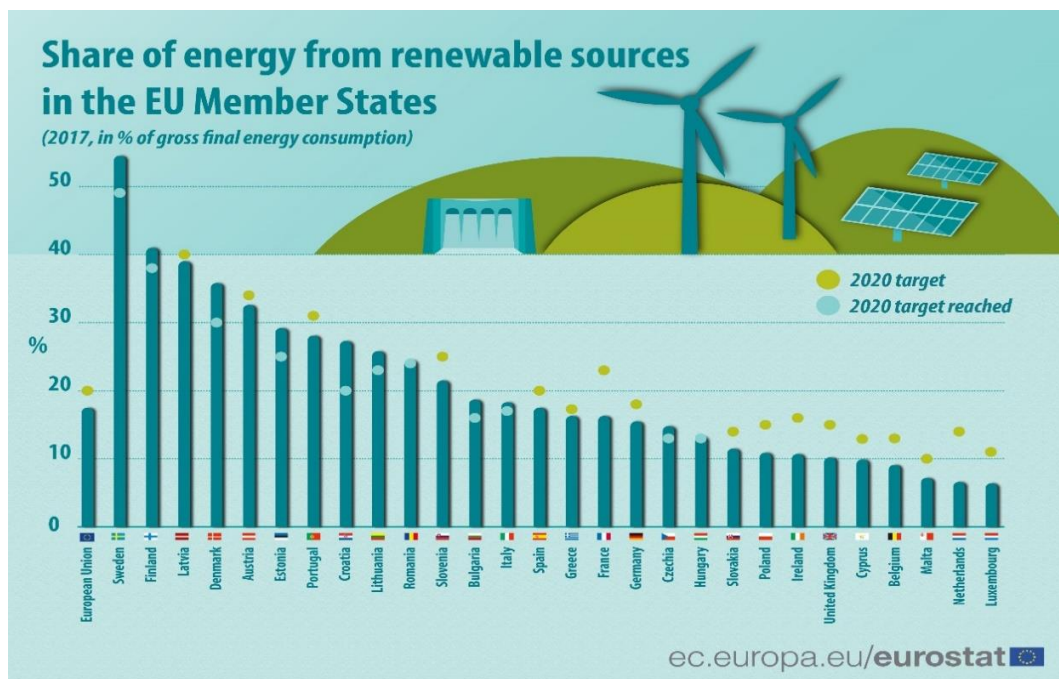


Figura 11: Contribución de energías renovables en el año 2017, respecto del objetivo a alcanzar en 2020 para cada país [30].

Como puede apreciarse en la figura 11, Suecia se sitúa bastante adelantada con el porcentaje más alto (54,5%) entre los países de la UE en 2017, por delante de Finlandia (41,0%), Letonia (39,0%), Dinamarca (35,8%) y Austria (32,6%). En el lado opuesto, las proporciones más bajas de energías renovables se registraron en Luxemburgo (6,4%), Países Bajos (6,6%), Malta (7,2%), Bélgica (9,1%) y Chipre (9,9%). **España** se sitúa en la media de la Unión, con cerca del **18%**. Como aspecto positivo podemos recalcar que once de los Estados miembros ya han superado su objetivo para 2020.

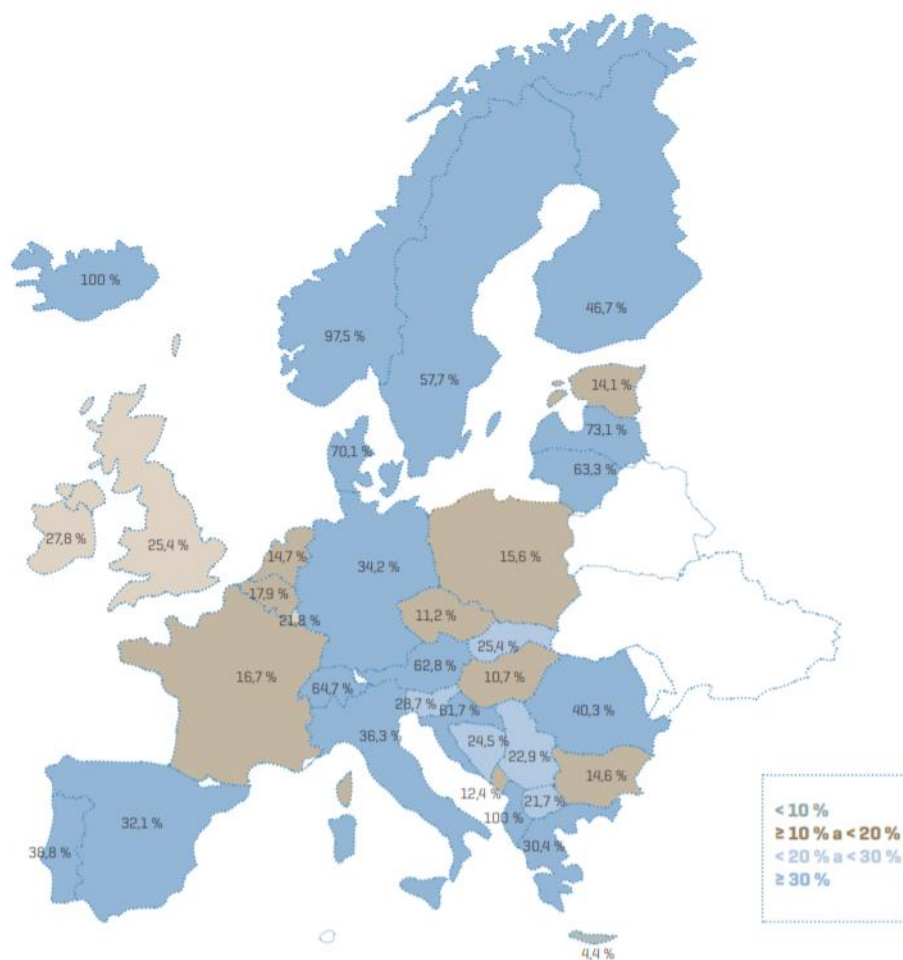


Figura 12: Energía renovable sobre generación total en los países miembros de La Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad (2017) [29].

Además, los esfuerzos de la UE para fomentar el uso de las energías renovables han dado como resultado una disminución de costes. Parte de las tecnologías renovables se han convertido en costes competitivos y, en algunos casos, pueden llegar a ser más baratos que las basadas en combustibles fósiles. El sector de las energías renovables desempeña un papel clave en la economía de la UE, con una facturación de alrededor de 144 mil millones € en 2014 y más de un millón de personas empleadas.

Las energías solar y eólica han sido las que han presentado un mayor crecimiento. En 2016 la energía eólica proporcionó, 26 millones de *Mtep*, lo que significa aumentar por 5 las cifras de 2004. A su vez, la energía solar (tanto fotovoltaica como térmica) generó 13,4 *Mtep* (19 veces más). De la misma manera, el aporte de la energía hidroeléctrica prácticamente no sufrió variaciones (28,3 *Mtep* en 2004 y 30,1 *Mtep* en 2016).

Un año después, la generación producida por la energía eólica, solar y biomasa, ha superado a la generación de carbón (sólo 5 años antes el carbón representaba el doble de estas tecnologías). Respecto del total de la nueva capacidad instalada, las EERR constituyeron un 85% (siendo la eólica y la solar FV el 75% respectivamente).

Gross inland consumption of renewable energy, by source, EU-28, 2004 and 2016 (%)

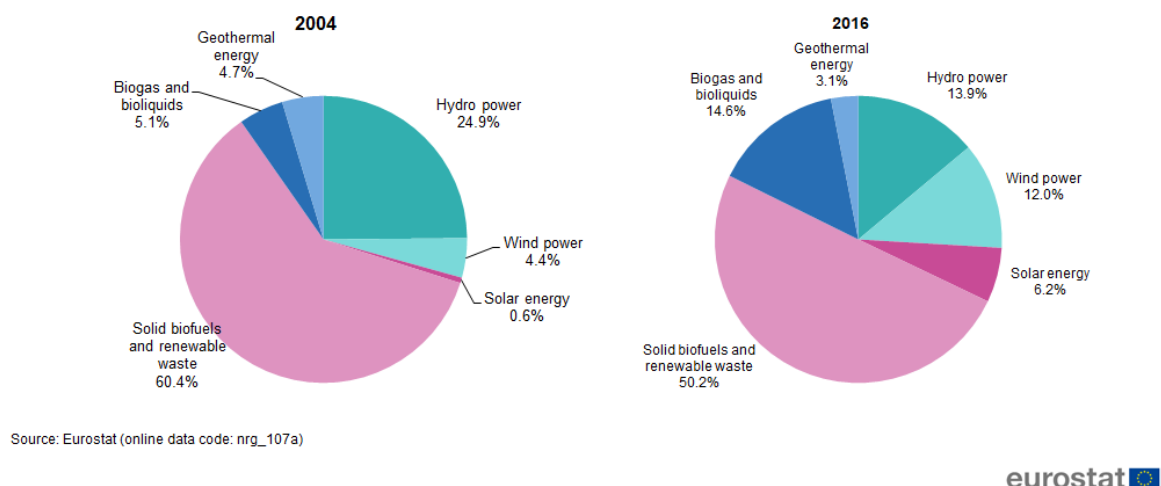


Figura 13: Consumo interior bruto de energía renovable por fuente (%), EU-28, período 2004-2016 [31]

Mirando más allá de 2020, el siguiente reto que se ha propuesto el Consejo Europeo es el **Marco 2030 para clima y la energía** [32], donde se respaldan los siguientes objetivos:

- Al menos un 27% del consumo de energía renovable en la Unión, adoptando cada país las políticas que quiera internamente, pero de acuerdo con el objetivo conjunto.
- Un recorte del 40% en las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los niveles de 1990, que se estima ayudará a aumentar el ahorro de energía en torno al 25%.
- Objetivo de mejora de la eficiencia energética a nivel de la UE de al menos el 27% (en comparación con las proyecciones), que se revisará para 2020 (con la idea de alcanzar el 30%)
- Impulsar la capacidad de autoabastecimiento energético, para no necesitar importar de países fuera de la UE (petróleo y gas principalmente). La UE sigue dependiendo en gran medida de las importaciones de energía de países no pertenecientes, que proporcionaron el 53,6% de toda la energía consumida en 2016. El principal proveedor de energía para la UE en 2016 continuó siendo Rusia, que suministró el 40,2% del gas, el 34,6% de derivados del petróleo y 30,2% de las importaciones de combustibles sólidos (ver figura 14).

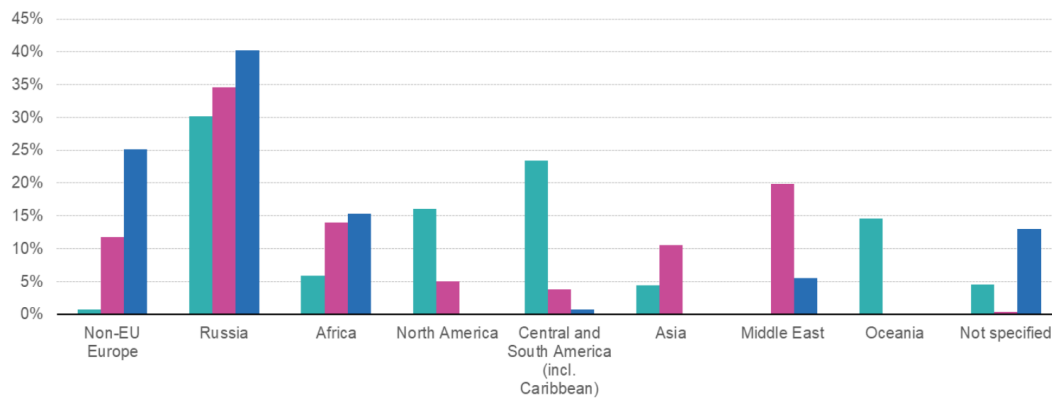


Figura 14: Países de procedencia de las principales importaciones de energía de los EU-28, 2016 [33]

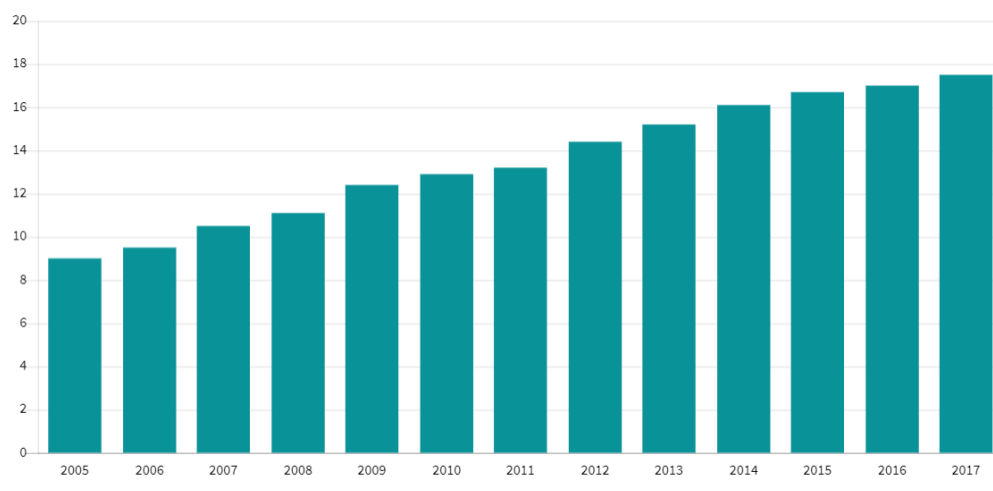


Figura 15: Estadística Capacidad y generación, serie temporal 2005-2017. Participación de las energías renovables en el consumo bruto de energía final (%) en el total de la Unión [34]

○ 1.3.2.3 Contexto a nivel nacional (España)

En el año 2018 las energías renovables en España llegaron al **40%** respecto del total de la generación eléctrica, siendo la hidráulica la energía que ha presentado un crecimiento mayor respecto a su producción (de casi el 85%), seguida de la eólica, que se consolida como la tecnología renovable de mayor contribución energética en España, como podemos ver en las siguientes figuras:

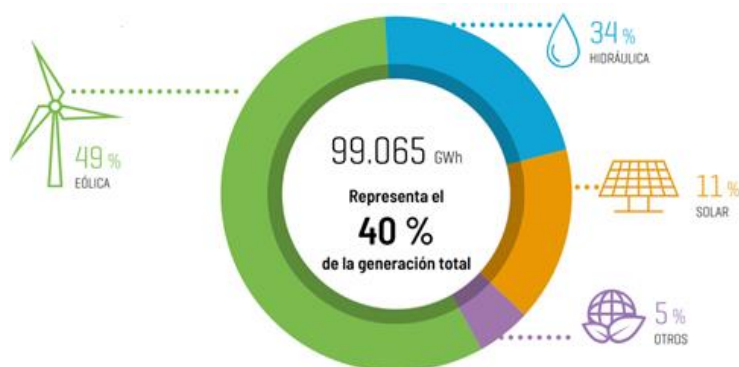


Figura 16: Producción renovable peninsular en 2018 [35]

	2015	2016	2017	2018	2019
Hidráulica	28.383	36.115	18.451	34.100	4.609
Hidroeléctrica	8	18	20	24	2
Eólica	48.118	47.897	47.907	49.526	9.721
Solar fotovoltaica	8.244	7.977	8.398	7.747	1.128
Solar térmica	5.085	5.071	5.348	4.424	428
Térmica renovable / Otras renovables	3.433	3.426	3.610	3.556	590
Residuos renovables	818	785	877	874	143
Generación renovable	94.088	101.089	84.611	100.251	16.621

Figura 17: Generación renovable anual a nivel nacional (el año 2019 incluye solo enero y febrero) [36]

Este “dominio” de la tecnología eólica se viene dando desde hace una década, motivado en gran medida por el aumento de su capacidad instalada cada año, y acompañado de una tasa de generación ha presentado un comportamiento bastante constante. Pese a que, al igual que la energía hidráulica, tiene un alto grado de dependencia de las condiciones meteorológicas, la hidráulica sufre más variaciones en su volumen de generación interanual.

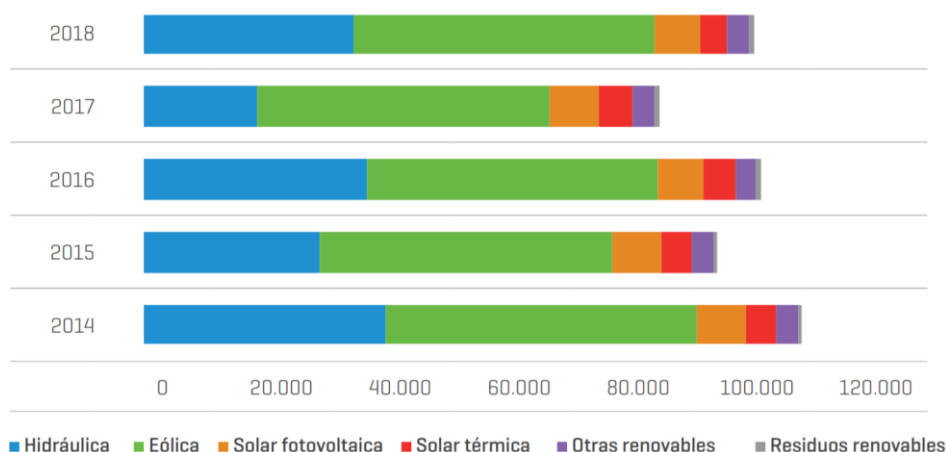


Figura 18: Evolución anual de la generación eléctrica renovable en la península (2018), donde se puede apreciar que el liderazgo de las energías eólica e hidráulica permanece constante en los últimos años [35]

Nuclear	7,2%	Eólica	23,4%
Carbón	9,7%	Hidráulica	17,3%
Ciclo combinado	24,9%	Solar fotovoltaica	4,5%
Cogeneración	5,8%	Solar térmica	2,3%
Residuos no renovables	0,5%	Otras renovables	0,9%
Turbinación bombeo	3,4%	Residuos renovables	0,1%

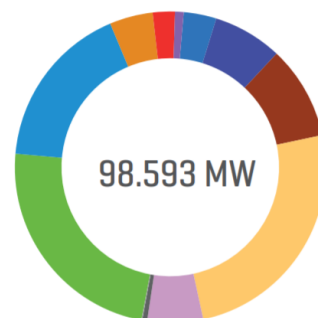


Figura 19: Potencia eléctrica instalada en la península a 31/12/18 [35]

De la figura 19 podemos observar que la energía solar en España no está tan arraigada como podíamos pensar. Inicialmente presentó un crecimiento rápido que parece haberse estancado en los últimos años, manteniéndose en niveles de generación en torno a los 13.000 GWh/año. Como es evidente, su producción aumenta considerablemente en la época de primavera y verano, cayendo a la mitad aproximadamente entre los meses de octubre y febrero. La solar FV está presente principalmente en Castilla la Mancha y Andalucía, siendo una tecnología casi inexistente en la cornisa cantábrica. Por su parte, la solar térmica está limitada solo a seis comunidades. En Europa, Alemania es el país líder indiscutible en cuanto a potencia instalada, aunque al tener menos horas de sol respecto a los países del sur del continente, hace que su *ranking* de contribución de la solar al total instalado sea menos eficiente.

Como hemos comentado, y en este gráfico se reitera, la energía eólica se muestra como una de las EERR con más trascendencia en nuestro país, siendo la tecnología más relevante tanto en capacidad instalada como en generación, y representando casi la mitad de la potencia instalada renovable. Castilla y León, Castilla la Mancha, Galicia y Andalucía suponen el 70% de la potencia eólica instalada en España.

En comparación con el resto de países europeos, España se mantiene como el segundo país con mayor capacidad eólica instalada por detrás de Alemania y seguida en tercer lugar por Gran Bretaña. En términos de cuota de generación, el líder destacado es Dinamarca con algo más del 50% de su producción procedente del viento, situándose España en el quinto lugar.

No obstante, no fue hasta hace una década cuando la energía hidráulica se vio superada por la energía eólica. Desde entonces, la hidráulica se mantiene claramente como la segunda fuente renovable por potencia instalada. La generación hidráulica en España es muy variable, llegando en años húmedos a superar los 40.000 GWh, mientras que en años secos ese volumen se reduce a más de la mitad. Los meses de invierno y primavera son los periodos que históricamente presentan mayor aportación, debido al deshielo y al mayor nivel de precipitaciones en esos meses. En comparación al resto de países europeos, en 2017 España ocupó el octavo lugar en energía generada con esta tecnología. Sin embargo, se ha situado en la cola en términos de participación de la hidráulica sobre la generación total.

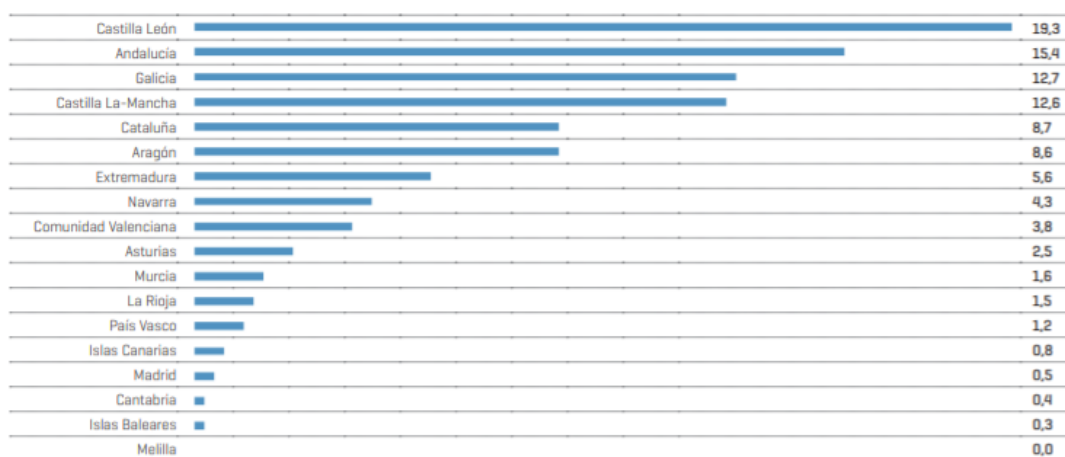


Figura 19-2: Generación renovable (en %) para cada autonomía sobre el total de generación renovable a nivel nacional (2017) [29].

Capítulo 2 - EL COCHE ELÉCTRICO EN ESPAÑA Y EUROPA.

La disminución en la utilización de energías tradicionales, contaminantes, también está haciéndose muy presente en nuestro día a día. Uno de los factores donde se ha puesto mayor énfasis es en el sector del transporte, apostándose por una movilidad sostenible en la que destacan los vehículos eléctricos.

2.1 Visión general y definiciones

Un coche eléctrico es aquel que se impulsa con la fuerza que produce un motor alimentado por electricidad. El motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. El elemento conductor que tienen en su interior tiende a moverse cuando está dentro de un campo magnético y recibe corriente eléctrica. Los motores eléctricos ofrecen muchas ventajas frente a los de combustión, empezando por un menor tamaño y peso, además de una mayor eficiencia y sencillez técnica.

→ 2.1.1 Aproximación histórica [37]

A pesar de lo extraño que pueda parecer, el vehículo eléctrico apareció antes que el de combustión interna. La experimentación en el electromagnetismo desembocó en la década de 1830 con la aparición de los primeros motores eléctricos formados por un estator, un rotor y un conmutador, que se adaptaron a locomotoras y vehículos, aunque de reducidas dimensiones. Algo más de veinte años después, Gaston Planté presentó una batería compuesta de plomo y ácido, la cual podía ser recargada a través de la regeneración de las sustancias químicas agotadas haciendo pasar una corriente eléctrica en sentido inverso a través de ella. El ingeniero francés Camille Faure evolucionó la idea de Planté, incorporando unas placas compuestas de unas rejillas de plomo y una pasta de dióxido de plomo, que permitía incrementar la capacidad de las baterías e iniciar su fabricación industrial a nivel mundial. Esto motivó a que, pasada la primera mitad del siglo XIX, fuesen varios los prototipos presentados en numerosas exposiciones (con Reino Unido y Francia dominando en el diseño y fabricación de los vehículos eléctricos de entonces). Uno de ellos (el *Jamais Contente* de Camille Jenatzy) alcanzó los 105 Km/h en una prueba en 1899, habiendo sido creado específicamente con ese objetivo.

Simultáneamente, Jacob Lonher, un fabricante austriaco de carruajes, decidió transformar su empresa a una marca de automóviles (sobre todo tras comprobar el crecimiento que estaba experimentando el sector en EEUU, país que se estaba convirtiendo en el nuevo líder en movilidad eléctrica), y encargó a Ferdinand Porsche (a la postre fundador de la marca de coches deportivos) el diseño de un nuevo modelo. Porsche patentó un motor alimentado por baterías con un cambio de

12 velocidades. El ejemplar propuesto (el Egger-Lohner Porsche P1) alcanzaba los 34 km/h y poseía una autonomía de 78 km (unas cifras muy destacables para la época).

Llegamos a comienzos del siglo XX, donde los vehículos de combustión interna poco a poco se van haciendo un hueco en los mercados, a pesar de ser bastantes ruidosos, contaminantes e inicialmente difíciles de arrancar (hasta que se introdujo el arranque eléctrico que sustituyó al tradicional arranque de manivela). Con la llegada de la cadena de montaje de Ford para la producción del Ford T, los precios comenzaron a disminuir drásticamente y los eléctricos apenas podían plantar cara (un eléctrico tenía un precio cerca de 10 veces más caro frente a uno de combustión). Además, la mejora en las infraestructuras, junto con la proliferación de yacimientos petrolíferos al sur de Estados Unidos, la rapidez de poder repostar en pocos minutos, unido a la mayor autonomía, ayudaron a la práctica desaparición del vehículo eléctrico ya en los años 20, quedando restringido a uso urbano y limitado a fines menores como flotas municipales, camionetas de reparto o carretillas elevadoras. A partir de entonces, la presencia del vehículo eléctrico en la sociedad prácticamente fue nula durante varias décadas. Las crisis del petróleo de 1973 y 1979 forzaron de algún modo a los fabricantes a tantear, aunque mínimamente, nuevas formas de propulsión para sus modelos, pero sin resultados significativos. No sería hasta comienzos de la década de los 90, cuando empezaron a entrar en vigor ciertas normativas (como la nueva ley “*Zero Emission Mandate*” aprobada en California), que motivaron la vuelta de automóviles eléctricos al mercado una vez más. General Motors se adelantó presentando el GM EV-1 (que poseía una autonomía de 250 km y una velocidad máxima de 130 km/h), que fue seguido por el Ford Ecostar, el Honda EV Plus o el Toyota RAV4 EV. Sin embargo, muchos de estos proyectos terminaron cancelándose u ofreciéndose solamente con contratos de *leasing*, por lo que las firmas presionaron para que los reglamentos se suavizasen y acordaron con el entonces Gobierno estadounidense una solución intermedia: los vehículos híbridos.

Esta nueva tendencia parece que puede servir como paso previo a la consolidación definitiva del vehículo eléctrico. En los últimos años prácticamente todas las marcas muestran ya su predisposición hacia esta tecnología, y tienen ya vehículos 100% eléctricos a la venta o bien están trabajando en nuevos modelos. A su vez, las restricciones de circulación para vehículos de combustión en muchos de los grandes núcleos urbanos nos obligan a los ciudadanos a buscar nuevas formas de movilidad más limpias. No obstante, son muchos los que se muestran escépticos ante una posible compra, exponiendo habitualmente como puntos débiles una baja autonomía o la escasez de puntos de recarga, situación que como analizaremos ha mejorado notablemente en los últimos años. Como veremos en esta sección, para incentivar la adquisición de vehículos eléctricos, los gobiernos han presentado numerosas campañas de promoción que ofrecen diversas ayudas (generalmente descuentos en su compra).

El auge del vehículo eléctrico también ha sido tomado en cuenta por la Federación Internacional de Automovilismo (FIA), que en 2014 lanzó una nueva categoría, la Fórmula E, en la que sólo participarían monoplazas 100% eléctricos. En su primera

temporada todos los equipos contaban con el mismo coche. Sin embargo, desde entonces, sólo comparten el chasis, lo que ha propiciado la entrada de nuevos fabricantes que ven este evento deportivo como un buen banco de pruebas y un gran escaparate en el mundo de la movilidad eléctrica.

Antes de repasar las políticas que se están aplicando tanto en la UE como en nuestro país, revisaremos algunos conceptos que deberemos conocer, pues juegan un papel clave en las distintas normativas.

→ 2.1.2 Tipos de coche eléctrico [38]

En este sentido, incluiremos los tipos de coches híbridos, pues también son actores importantes en las restricciones de circulación de las principales capitales que estudiaremos en los posteriores apartados:

- **Vehículo Híbrido Eléctrico (HEV):** Se trata del híbrido tradicional, formado por un motor de combustión interna (generalmente, de gasolina), apoyado por un pequeño motor eléctrico, recargándose las baterías al aprovechar la energía de las frenadas.
- **Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables (PHEV):** Similar al anterior, pero en este caso se cuenta con uno o más motores eléctricos de mayor potencia que ofrecen a su vez una autonomía superior (en torno a los 40 Km, y principalmente en trazados urbanos), y las baterías se recargan conectándose a la red eléctrica. Actualmente su volumen de ventas está creciendo notablemente, y se considera el verdadero “intermediario” entre los vehículos tradicionales y los eléctricos.
- **Vehículos de Batería Eléctrica (BEV):** Compuestos únicamente por un motor eléctrico, obteniendo la energía de las baterías, que se recargan igual que en el caso anterior mediante enchufe convencional o *super-cargadores*, y que presentan una autonomía muy variable (un rango aproximado de 100 a 400 Km, dependiendo el modelo). Es lo que conocemos como “100% eléctricos”.
- **Vehículos Eléctricos de Alcance Extendido (REEV):** No se trata de un vehículo totalmente libre de emisiones, pues las baterías pueden recargarse de dos maneras: o bien conectándose a la red al igual que en los ejemplos previos, o a través de un motor de combustión de reducidas dimensiones, que genera la electricidad.

→ 2.1.3 Modos de recarga [39]

En función del conector que utilicemos (y con el que nuestro vehículo sea compatible), la duración de la recarga abarcará un abanico de tiempo más o menos amplio:

- **Recarga convencional (lenta):** Utiliza las facilidades de las que dispone cualquier vivienda, lo que equivale a una potencia entregada de aproximadamente 3.7 kW. Para un modelo medio, la batería se carga en unas 8 horas (la recarga óptima se corresponde con la noche desde el punto de vista de eficiencia energética, cuando la demanda es más baja).
- **Recarga semi-rápida:** Se dobla la potencia entregada (7.3kW, derivados de emplear 32A y 230V), lo que supone reducir a la mitad (4 horas) el proceso de carga completa.
- **Recarga rápida:** Es la que ofrece unas mayores prestaciones y, por ende, un menor tiempo de espera, siendo la que más intenta asemejarse (aunque aún lejos) al tiempo de repostaje de vehículos *ICE* al que estamos acostumbrados. Nos permite alcanzar una carga del 80% en media hora (se entrega la energía en corriente continua, con una potencia de salida del orden de 50kW). A diferencia de las dos primeras, que suelen realizarse en plazas con posibilidad de conexión a la red eléctrica (bien en garaje de vivienda unifamiliar o en garaje comunitario), en este caso suele tratarse de estaciones de recarga que requieren de una infraestructura más preparada y modelos que admitan potencias de carga elevadas.

→ 2.1.4 Tipos de conectores [40]

Describiremos los más habituales:

- **Enchufe **Schuko**:** Se trata del enchufe tradicional, compatible con las tomas de corriente europeas, capaz de soportar hasta 16A. Es uno de los más comunes, aunque no permite la carga rápida, y suele estar limitado a bicicletas, motos y algún modelo aislado (ej. Renault Twizy).
- **Enchufe **SAE J1772/Tipo 1**:** Ofrece dos formas de recarga en corriente alterna: una igual que en el caso anterior, a 16A, y otra rápida a 80A. Originalmente procede de un estándar japonés, si bien es el utilizado en EEUU y aceptado en Europa, lo que lo convierte en uno de los más empleados por los fabricantes.
- **Conector **Mennekes/Tipo 2**:** Posee 7 bornes y también ofrece un par de modos de recarga en alterna: monofásica a 16A (recarga lenta) y trifásica a

63A (recarga rápida). Inicialmente propuesto en Alemania, aunque no es específico para vehículos eléctricos es muy habitual su uso en ellos.

- Conector **Scame/Tipo 3**: Apoyado sobre todo por las marcas francesas, tiene 5 o 7 bornes, dependiendo si la corriente es monofásica o trifásica, incluyendo en ambas la tierra y comunicación con la red, ofreciendo hasta 32 Amperios.
- Conector **CHAdEMO**: Es el clásico estándar japonés, permitiendo una recarga rápida de hasta 200A en corriente continua. Es el de mayor tamaño, con diez bornes, toma de tierra y comunicación con la red.
- Conector **Combo (CCS)**: Este es el estándar de recarga rápida utilizado por los fabricantes europeos, además del sistema aprobado por la Comisión Europea y que es de obligada instalación en cualquier cargador *rápido* en Europa. Consta de 5 bornes distribuidos para corriente, toma de tierra y comunicación con la red, y también admite ambas recargas, es decir, lenta y rápida.
- Conector **TESLA**: Tesla Motors dispone de su propio tipo de conector, adaptable a una estación de recarga doméstica y pública o estaciones *Supercharger*, en las cuales la recarga es gratuita. Funciona con corriente continua alcanzando los 130 kW, lo que la hace la más potente y rápida de todas.



Figura 20: Conectores de recarga de vehículo eléctrico: (1) Schuko, (2) SAE J1772/ Tipo 1, (3) Mennekes, (4) Scame, (5) CHAdEMO, (6) COMBO [41]

2.2 Evolución y contexto actual

→ 2.2.1 Progreso del mercado

Según hizo público en junio de 2017 la Agencia Internacional de la Energía [42] (IEA), de todos los turismos que circularon en 2016 por el planeta, apenas el 0,2% eran eléctricos, es decir, algo más de dos millones de vehículos, de los cuales casi una tercera parte se encontraban en China (648.770 turismos de este tipo), por lo que se convirtió en el país con el mayor stock de enchufables, adelantando a Estados Unidos ese año. La agencia destacó que, según las previsiones de las propias marcas de automóviles, se espera que en 2020 circulen en el mundo entre 9 y 20 millones de coches eléctricos, aunque recalca que, para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, se necesitaría llegar a los 600 millones de coches eléctricos en todo el mundo para el año 2040.

Para ese año más de la mitad de los coches que se vendan en el mercado (57%) serán de propulsión eléctrica, favorecida por un precio de venta que se igualará al de los vehículos de combustión, y motivada principalmente por una disminución progresiva del coste de las baterías (de hecho, desde 2010 el coste por kilovatio ha caído un 85%)

Pero en su gran mayoría, los conductores continúan optando por los modelos de diésel y gasolina, que suelen ser más baratos. En 2016, los vehículos híbridos y eléctricos supusieron apenas un 3,6% de los autos nuevos registrados en Europa Occidental, según la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles. Según datos aportados por la DGT, España superó los 63.000 vehículos eléctricos en 2018, de los que 25.000 se corresponden a turismos, y cuya cuota de mercado es del 0.9%, algo inferior a la media de la Unión Europea.

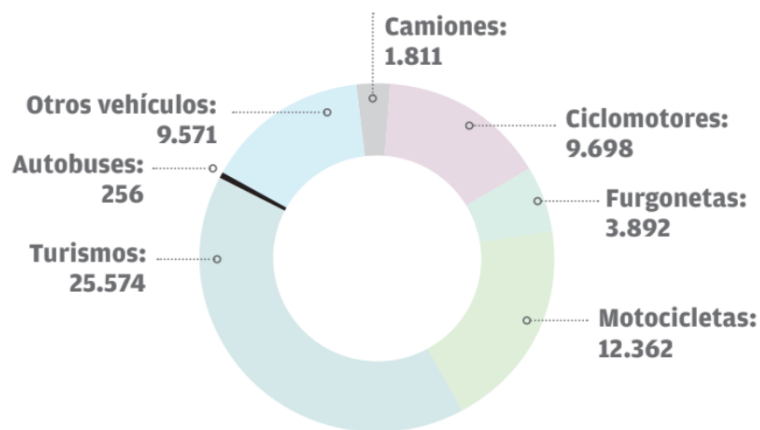


Figura 21: Parque actual de vehículos eléctricos en España por categorías [43]

El año pasado se vendieron en nuestro país 15.495 coches 100% eléctricos y 5.696 híbridos enchufables. Los turismos copan con diferencia las ventas de este sector, seguidos por las furgonetas, adquiridas en gran medida por empresas para renovar su flota de reparto/transporte. Los camiones y autobuses eléctricos tienen aún una presencia casi residual. Según el Informe “El automóvil en España 2019” [44], la intención de compra de un coche eléctrico de los consumidores creció del 23% al

28%. A su vez, los encuestados mostraron como principales reticencias la escasez de autonomía, el precio, el no poder disponer de espacio o posibilidad de infraestructura necesaria y que el tiempo de recarga sea considerablemente superior al de repostar un vehículo de combustión.

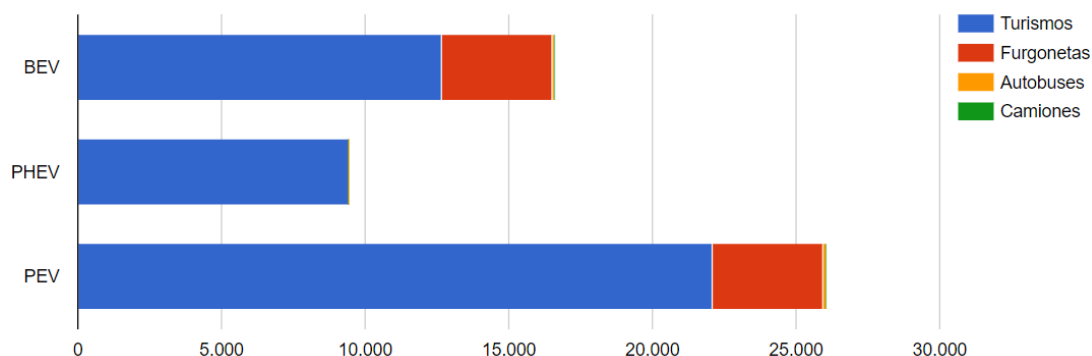


Figura 22: Presencia de vehículos eléctricos por categoría y tipo de propulsión eléctrica en España en 2019 [45]

La sucesiva aparición de planes para estimular la compra de vehículos eléctricos en el último lustro ha tenido una elevada relevancia en el incremento de las ventas de este tipo de modelos:

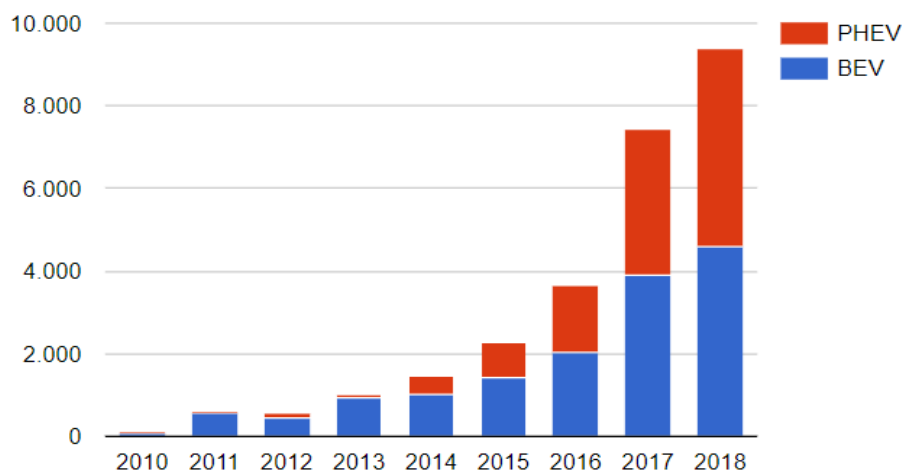


Figura 23: Matriculaciones de turismos eléctricos y PHEV en España desde 2010 [45]

→ 2.1.2 Situación en Europa

Con la clara intención de promocionar la movilidad sostenible, desde la UE se propuso un reto cuanto menos interesante: lograr que los fabricantes presenten en su flota un 25% de cuota mínima de modelos eléctricos e híbridos entre su flota para el año 2025, mientras que para el año 2030 esta cifra debería aumentar hasta llegar al 40%. La propuesta más ambiciosa de este programa es la de conseguir que todos los coches que se vendan en la Unión Europea a partir de 2040 sean cero emisiones.

En esta sección vamos a tratar la evolución de los vehículos eléctricos en los países del continente europeo líderes en esta tecnología:

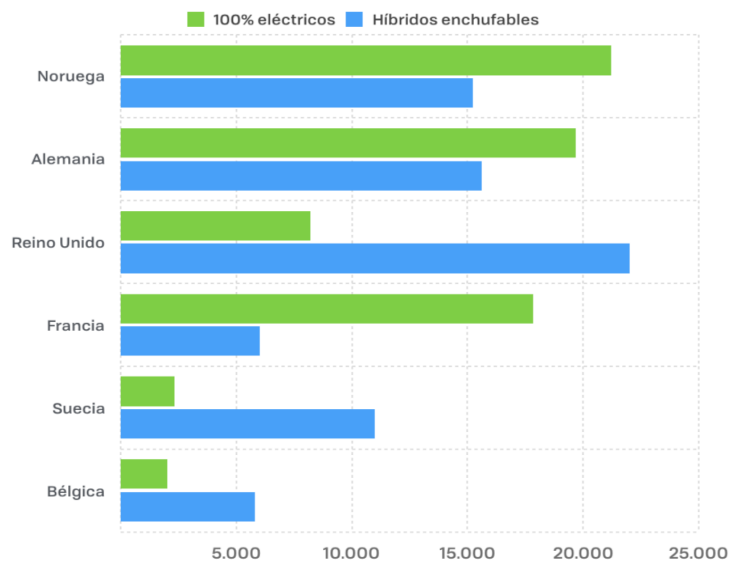


Figura 24: Matriculaciones de coches eléctricos e híbridos enchufables en el primer semestre de 2018 en países europeos [46]

- Noruega: Es el país en el que más eléctricos se venden [47] en proporción a los vehículos de combustión interna (casi el 60% de los coches vendidos son eléctricos). Estos modelos presentan un precio superior (el impuesto de compra para todos los automóviles nuevos se calcula mediante una combinación de peso, emisiones de CO₂ y NO_x, siendo un impuesto progresivo, lo que hace que los automóviles con altas emisiones sean muy caros), mientras que por la compra de un eléctrico se ofrecen rebajas de un 25% (están exentos del IVA), además de poder circular libremente por carriles BUS/VAO, evitar los peajes en la red de carreteras y tener gratuito el aparcamiento y el impuesto anual de circulación en las principales ciudades. El Gobierno noruego pretende prolongar los incentivos fiscales hasta 2020, y su objetivo es llegar a que el 30% de los coches sean eléctricos ese año (actualmente uno de cada cinco conductores lo es de un vehículo eléctrico). El país presenta también una infraestructura en crecimiento, con más de 10.000 puntos de recarga ya disponibles, que van en aumento tras el lanzamiento de un programa para financiar la puesta en marcha de al menos dos estaciones de carga rápida cada 50 km en todas las carreteras principales.
- Alemania: Hace una década se propuso contar con un millón de vehículos eléctricos [48] dentro de su parque móvil para el año 2020, si bien este número se revisó a la baja considerablemente, pues en 2018 no se alcanzaron los 100.000. La iniciativa disponía de un presupuesto de 1.200 millones de euros para subvencionar las adquisiciones de este tipo de vehículos entre 2016 y 2019, un dinero que aportarían a medias los fabricantes y el Gobierno. Se ofrece una media de 4.000 euros de subvención en modelos eléctricos y

3.000 para híbridos enchufables. Además, hay presupuestados otros 300 millones de euros para potenciar el despliegue de la infraestructura de recarga y se plantea la posible subvención a propietarios de comercios, supermercados y hoteles, lo que aportaría un mayor número de ingresos, mediante la venta cruzada o el almacenamiento de baterías.

Al tratarse de un país puntero en el sector automovilístico, muchos de los principales fabricantes (Grupo Volkswagen, Grupo Daimler-Mercedes y BMW), han desarrollado planes de diseño para que algunas de sus plantas puedan producir coches eléctricos en masa en la próxima década. No obstante, inicialmente se mostraron reacios pues consideraban que al tratarse de tecnologías poco maduras, el riesgo económico al que se enfrentaban era demasiado elevado, los activos producidos en Alemania podrían convertirse en pasivos costosos (donde los proveedores que desempeñan un papel fundamental al suministrar aproximadamente el 75% de los componentes de los vehículos podrían desaparecer) y ello obligaría a realizar reducciones en sus plantillas.

- Francia: Al tratarse de un país que es sede de otros de los gigantes europeos [49] del mercado (grupo PSA, grupo Renault), en 2018 se aprobó un plan nacional con una dotación de **600** millones de euros, orientado principalmente a renovar el parque móvil del país con vehículos más eficientes y por tanto menos contaminantes. Las ayudas prestadas oscilan entre los 2.000€ y los 5.000€ en función de la renta del comprador y del tipo de vehículo a adquirir. Los modelos Renault Zoe y Nissan Leaf, de patente francesa, copan las ventas en el sector eléctrico. El objetivo a largo plazo se presenta cuanto menos ambicioso: suprimir totalmente la venta de vehículos diésel y gasolina en 2040. Respecto a la red de carga, el número de **estaciones** de carga **públicas** en Francia era de 16.426 a finales de 2017, y se ha fijado el objetivo de alcanzar las 20.000 (con un total en el país de 120.000) el próximo año (una por cada 10 vehículos enchufables en circulación). La expansión de puntos de recarga rápida se incluye en el proyecto CORRIDOR [50], apoyado por financiación privada, y prevé la instalación de 200 puntos adicionales en las principales rutas, con la posibilidad de ampliarse a algunos países con los que tiene frontera. Por otra parte, París se postuló en 2015 como una de las capitales pioneras en aplicar restricciones de circulación [51] en sus calles, cuando comunicó su intención de que en 2030 (10 años antes respecto al plan del Gobierno) no circularan por la ciudad vehículos de combustión. No obstante, el Ayuntamiento asegura su intención no es prohibir, sino incentivar con subvenciones locales (que se sumarían a los planes estatales) la compra de eléctricos. Por el momento, se están aplicando distintos escenarios marcados por los protocolos anticontaminación, pese a que solo en los casos más críticos se prohíbe la circulación de alrededor de la mitad de los coches (en función de sus matrículas), a la vez que se garantiza la gratuidad del transporte público.

- Reino Unido: Al igual que sus vecinos galos, el Gobierno ha mostrado su intención de suspender la venta de vehículos propulsados con motores de combustión también en 2040. Como medida previa, se ha propuesto el plan “Road to Zero”, que busca alcanzar el 50% de vehículos activos en 2030 cuya tasa de emisiones sea total o prácticamente nula. Se estima que para ese año [52] desaparecerá la diferencia de precios entre vehículos “limpios” y los propulsados por motores convencionales de combustión. Actualmente las ayudas ofrecidas [53] (para modelos cuyo precio esté por debajo de los 68.000€) son de 5000€ para coches completamente eléctricos y de 2800€ para híbridos enchufables. También se han presupuestado otros 450 millones de euros para sufragar la expansión de la red de carga con 25.000 nuevos puntos de carga públicos (actualmente dispone de 16.657 estaciones, lo que supone una por cada nueve enchufables en circulación), de los que al menos 700 deberán ubicarse en las principales rutas que recorren el país. Sin embargo, todas estas perspectivas de futuro pueden verse afectadas por la incertidumbre que está provocando el *Brexit*. Los plazos marcados y las partidas asignadas podrían peligrar en función de hacia dónde se encamine la situación política del país.

→ 2.2.3 Situación en España

En esta sección presentaremos las distintas normativas aprobadas en España recientemente y previstas para este año, refiriéndonos tanto a las políticas aplicadas para incentivar la compra de vehículos sostenibles (haciendo hincapié en los propulsados por tecnología eléctrica pura o híbrida), como a las ordenanzas municipales establecidas para establecer restricciones de circulación en algunas ciudades del país. Como medidas o ventajas más generales, podemos recalcar la exención en el pago del impuesto de matriculación, la aplicación de descuentos en el impuesto de circulación o al pasar la ITV, así como poder circular libremente por carriles BUS-VAO o beneficiarse de aparcamiento gratuito en las zonas de estacionamiento regulado en algunas localidades.

Para entender mejor cómo afecta cada legislación a cada tipo de vehículo, se dispone de distintas categorías en que pueden clasificarse. Éstas, a su vez, pueden dividirse en subgrupos (Ver Anexo 2.1) en función de parámetros como el número de plazas, su velocidad máxima, su cilindrada, su peso...




- **Categoría L:** Incluye a motocicletas (con o sin sidecar), ciclomotores y vehículos de baja cilindrada de tres o cuatro ruedas.
- **Categoría M:** Se integran en ella los vehículos de al menos cuatro ruedas para transporte de viajeros.
- **Categoría N:** Vehículos con objeto de transportar mercancías (incluye camiones, furgonetas...)

Desde 2016 la Dirección General de Tráfico recomienda a todos los vehículos en circulación lucir un **distintivo** [54] en sus lunas que los cataloga en base a su potencial contaminante. Según se apunta desde el Ministerio del Interior, la clasificación del parque móvil tiene como fin principal el discriminar positivamente a los vehículos más respetuosos con el medio ambiente y ser un instrumento básico en las políticas municipales, tanto restrictivas de tráfico en episodios de alta contaminación, como de promoción de nuevas tecnologías a través de beneficios fiscales o relativos a la movilidad y el medio ambiente:

- Etiqueta **0** (Cero emisiones): Ciclomotores, triciclos, cuadriciclos y motocicletas, turismos, furgonetas ligeras, vehículos de más de 8 plazas y vehículos de transporte de mercancías que sean eléctricos puros, eléctricos de rango extendido, de pila de combustible de hidrógeno e híbridos enchufables con autonomía mínima de 40 Km.
- Etiqueta **ECO**: Turismos, furgonetas ligeras, vehículos de más de 8 plazas y vehículos de transporte de mercancías, enchufables con autonomía inferior a 40 Km, híbridos convencionales y propulsados por gas natural o gas licuado.
- Etiqueta **C**: Turismos y furgonetas ligeras, de gasolina matriculadas desde enero de 2006, y diésel desde 2014. Vehículos de más de 8 plazas o de mercancías, indistintamente del tipo de combustible, matriculados desde 2014.
- Etiqueta **B**: Turismos y furgonetas ligeras, de gasolina matriculadas desde enero de 2000, y diésel a partir de 2006. Vehículos de más de 8 plazas o de mercancías, indistintamente del tipo de combustible, matriculados a partir de 2005.

→ 2.2.3.1 Planes de ayuda

Antecedentes (2014, 2015) - Plan **MOVELE**: Se trataba de un programa de incentivos para la compra de vehículos exclusivamente eléctricos, y se aprobó con un presupuesto a aplicar en torno a los 7 millones de euros en 2015, 3 millones menos que el año anterior, destinados para la adquisición directa o por medio de leasing financiero o arrendamiento por renting de vehículos eléctricos nuevos, cualquiera de éstos no podían tener un precio inicial superior a 40.000 euros (sin impuestos), y la cuantía de la ayuda dependía de la autonomía del modelo:

-  2.700 euros: Autonomía eléctrica entre 15 y 40 kilómetros.
-  3.700 euros: Autonomía eléctrica entre 40 y 90 kilómetros.
-  5.500 euros: Autonomía eléctrica superior a 90 kilómetros.

Además, se ofrecía una ayuda extra de hasta 1.000 euros para la instalación de puntos de recarga en las viviendas de los compradores.

Según el informe [55] presentado, este plan se vio involucrado en la venta de 1073 vehículos (destacando turismos y vehículos comerciales), beneficiándose principalmente empresas privadas (554) y particulares (405)

No obstante, la inversión en este proyecto fue considerablemente menor que la que se realizaba simultáneamente en el Plan PIVE (orientado hacia una renovación más genérica del parque móvil español, sin considerar el tipo de propulsión), lo que planteó dudas sobre si el plan MOVELE no era más que una intención del Gobierno de intentar promocionar ante sus socios europeos que estaba apostando fuertemente por la movilidad eléctrica, aunque las cifras indicasen realmente lo contrario.

→ Planes recientes (2017, 2018): Plan de apoyo a la Movilidad Alternativa (**MOVALT**):

Se divide en dos proyectos: uno destinado a la ayuda en la compra de vehículos sostenibles, y otro orientado a incentivar la instalación de nuevas estaciones de recarga.

- ✦ **MOVALT vehículos:** Partía de una dotación presupuestaria de 20 millones de euros, de los cuales se utilizaron realmente 16, estando la gran parte dirigida al apoyo en la adquisición de vehículos propulsados por Gas Natural, eléctricos de cualquier categoría, y en menor medida a cuadríciclos eléctricos y motocicletas eléctricas, así como vehículos de pila de combustible. Las ayudas abarcaban desde los 500€ hasta los 18000€ [56] según la categoría del vehículo y el tipo de energía requerida para propulsarlo. Para coches 100% eléctricos (siempre que su precio estuviese por debajo de los 38.720€) se ofrecía un descuento de 5500€, mientras que para híbridos enchufables la rebaja variaba en función de la autonomía: 1300€ si la autonomía estaba entre 12 y 32 Km, 2600 si se situaba entre 32 y 72 Km, y en caso de superar ese rango se ofrecía un máximo de 5500€. Por su parte, los concesionarios contribuían financiando con 1000€ la instalación de un punto de carga en el domicilio del comprador (en caso de ser factible). Este caso es independiente del gasto destinado a la ampliación de la red, que trataremos a continuación (Movalt Infraestructura).

Las ayudas contempladas en el Plan Movalt eran incompatibles, para un mismo vehículo, con cualquier otra subvención, ayuda, ingreso o recurso concedidas por la propia Administración General del Estado, cualquier comunidad autónoma o entidad local para el mismo fin que estas ayudas (Ver Anexo 2.2).

El Ministerio de Transición Ecológica estimó un ahorro energético anual de la medida de 2,9 ktep/año y una reducción de emisiones de CO₂ de 9,5 ktCO₂/año, teniendo en cuenta todos los tipos de motorizaciones.

Centrándonos en los resultados presentados una vez finalizado el plan, los eléctricos representaron porcentualmente el mayor número de solicitudes, si bien los propulsados por gas natural se llevaron casi la mitad total del presupuesto:

Energía alternativa	Solicitudes	% solicitudes	Importe ayuda	% presupuesto
Gas Natural	899	30	8.841.500	55,06
Autogás (GLP)	495	17	296.000	1,84
Eléctricos	1583	53	6.921.500	43,10
Total	2977	100	16.059.000	100,00

Figura 25: Solicitudes validadas y presupuesto otorgado por energías alternativas [57]

✧ MOVALT Infraestructura:

En los Presupuestos Generales del Estado de 2018 se incluyó una dotación inicial de 15 millones de euros que a posteriori el Ministerio de Energía ampliaría hasta los 20 millones. En su presentación, el IDAE sugirió [58] cuales podrían ser los emplazamientos susceptibles de recibir financiación y el tipo de servicio (público/privado) que podían ofrecer:

- Lugares no residenciales (parkings públicos, centros comerciales, universidades, polígonos industriales...) para uso público.
- Zonas de aparcamiento públicas o privadas, para uso de una empresa con el fin de dar servicio a su flota o a sus clientes...
- Cualquier zona apta de la vía pública.
- En la red de carreteras para uso público.

Además, se establecían las características técnicas que debían tener en función del tipo de recarga a suministrar (la mayoría definidos por el estándar *IEC 62196*):

- Punto de recarga convencional: Potencia igual o superior a 7 kW, e inferior a 15 kW
- Punto de carga semirrápida (en corriente alterna o continua): Potencia igual o superior a 15 kW, e inferior a 40 kW. En corriente alterna, dotado de, al menos, un conector AC Tipo 2 (Menekes) y en corriente continua, dotado al menos del CCS (Combo).

- Punto de carga rápida: Potencia igual o superior a 40 kW e inferior a 100 kW. Podrá estar dotado simultáneamente de los siguientes conectores: CCS (Combo), CHAdeMO y corriente alterna, siendo únicamente obligatorio el disponer del estándar europeo.
- Punto de carga ultra rápida: Potencia igual o superior a 100 kW. Podrá estar dotado simultáneamente de los siguientes conectores: CCS (Combo), CHAdeMO y corriente alterna siendo únicamente obligatorio el disponer del estándar europeo.

Las subvenciones cubrían toda la fase de obra civil e instalación del cableado desde el cuadro eléctrico del que deriva el circuito hasta el punto de conexión del vehículo en cuestión (no se incluyó, por ejemplo, la instalación de contadores inteligentes, que deberían ser generalmente alquilados a las compañías eléctricas). Se recibieron 321 peticiones que se agotaron en menos de un día desde que se abriese el plazo para solicitarlas.

→ Previsto 2019: Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas [59] (**MOVEA**)

Se engloba dentro de la Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (VEA) en España (período 2014-2020), un nuevo plan de ayudas propuesto por el Ministerio de Industria que busca incentivar la demanda y la compra de vehículos de energías alternativas (vehículos eléctricos, propulsados por gas licuado (GLP), por gas natural (GNV) o por pila de combustible), y con ello incrementar su presencia en el parque móvil español. Los vehículos susceptibles de recibir ayudas pertenecen a las categorías de turismos, furgonetas, autobuses, cuadriciclos y motocicletas. Podríamos decir que su idea es similar a la del plan MOVALT, pues muestra dos partidas diferenciadas, por un lado se dotan 50 millones de euros para incentivar la compra de vehículos alternativos y por otro 16 millones para impulsar la infraestructura.

Sin embargo, la puesta en marcha de este plan estaba plenamente ligada a la aprobación de los Presupuestos Generales del Estado de este año (2019), que fueron rechazados por el Congreso de los Diputados en febrero, lo que ha impedido su lanzamiento definitivo.

⇨ Programa de Incentivos a la Movilidad Eficiente y Sostenible (**MOVES**)

Como comentábamos, con la cancelación del plan VEA el Gobierno se ha visto en la tesitura de buscar nuevas alternativas para promocionar la movilidad sostenible, y por tanto aprobó al mes siguiente el plan MOVES a través del Real Decreto 72/2019, de 15 de febrero [60], dotado con 45 millones de euros y dirigido a incentivar la

compra de vehículos [61] propulsados por energías alternativas, instalar infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos, así como promocionar incluso los sistemas de préstamos de bicicletas eléctricas. Como diferencia respecto a los planes anteriores, el presupuesto se repartirá entre las distintas autonomías y deberá seguir lo marcado en el Real Decreto:

- Entre un 20% y un 50% se destinará a subvencionar la compra de vehículos alternativos.
- Entre un 30% y un 60%, a la instalación de nuevas infraestructuras de recarga. De este último porcentaje, un mínimo del 50% ha de dirigirse a puntos de recarga rápida o ultrarrápida.

Se contemplan varios escenarios [61] bajo los que es posible recibir la ayuda del programa:

- En caso de que dispongamos previamente de un vehículo será obligatorio achatarrrarlo si tiene más de 10 años (para los turismos) o 7 (furgonetas).
- Implantación de puntos de recarga de vehículos bien sea para fines privados, públicos (en zonas no residenciales) o para empresas.
- Incentivar los sistemas de préstamos de bicicletas eléctricas (para empresas públicas o privadas, en polígonos industriales...). Estas ayudas se ofrecen hasta un máximo de 100.000€.
- Adopción de medidas que contemplen el transporte al trabajo en empresas, con un límite de 200.000€

Al igual que sucedía en los proyectos anteriores, la cuantía de las ayudas se fija en función de la categoría del vehículo [62], su tecnología de propulsión y la autonomía ofrecida:

- 1300€ para modelos con precio de venta no superior a los 40.000€ y autonomía entre 12 y 72 Km.
- Entre 4.000 y 15.000€ para furgonetas y camiones propulsados por *GNC, GLP o bifuel*.
- Desde 6.000 hasta 15.000€ para turismos y furgonetas eléctricos puros (para los turismos no entran los propulsados por gas natural ni los híbridos convencionales, como sí ocurría en los planes MOVALT y VEA), híbridos enchufables o de pila de combustible de hidrógeno.
- De 600 a 800€ para motos eléctricas por encima de los 3kW de potencia y autonomía mínima de 70 Km.

Aparte de los incentivos presentados por la Administración central, algunas **Comunidades Autónomas** han ofrecido sus propios planes de ayuda, por lo general independientes de los nacionales, si bien en ciertos casos como hemos visto en el caso del plan MOVES, se trata de partidas destinadas a repartir a cada provincia.

✧ Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la Comunidad de Madrid (**MUS**):

Hablaremos de la segunda fase del plan (MUS II), la más reciente, aprobada en abril de este año. La finalidad de estas ayudas es incentivar la adquisición en la Comunidad de Madrid [63] de vehículos con energías alternativas a los combustibles convencionales, fomentando con ello la sostenibilidad en el sector del transporte, la disminución de las emisiones de CO₂ y de otros contaminantes, la mitigación del cambio climático y la mejora de calidad del aire, así como el ahorro energético y la diversificación de las fuentes energéticas en el transporte y la consiguiente reducción de la dependencia energética del petróleo. La dotación presupuestaria inicial es de 3 millones de euros, destinados a la adquisición de turismos (se admitía cualquier tipo de propulsión), motocicletas y cuadriciclos, que se repartía como se observa en la siguiente tabla:

CATEGORÍA	LÍMITE PRECIO VENTA – EUROS	HOMOLOGACIÓN	AUTONOMÍA – Km	POTENCIA MOTOR – kW	AYUDA PLAN MUS – EUROS	AYUDA CONCESIONARIO – EUROS
TURISMOS - M1	35.000	GLP o bifuel	–	–	1.500	1.000
		GN o bifuel	–	–	2.500	
		PHEV, EREV, BEV	Entre 12 y menor 32	–	1.300	
			Entre 32 y menor 72	–	2.600	
			Mayor o igual de 72	–	5.500	
	-	Pila de combustible	–	–	5.500	
CUADRICICLOS PESADOS - L7e	-	BEV	–	–	2.350	150
CUADRICICLOS LIGEROS - L6e	-		–	–	1.950	
MOTOCICLETAS - L3e, L4e, L5e	8.000		Mayor o igual de 70	Mayor o igual a 3	750	

Figura 26: Cuantía de ayudas ofrecidas en el II Plan MUS en función de la categoría y autonomía del vehículo. [63]

La ayuda estará limitada, en cualquiera de los casos, al 25% del precio de venta al cliente antes de IVA (no superando los 35.000€). Además, para los puntos de venta adheridos de manera voluntaria, se establece la obligación de la aplicación en la factura de compraventa correspondiente de un descuento mínimo de 1.000 euros, también antes de IVA.

No obstante, parece que este desafío comenzará a tomar fuerza realmente en nuestro país a comienzo de la próxima década, con la aplicación del Plan Nacional de Energía y Clima 2021-2030 [65]. Este documento, que a día de hoy aún es un borrador, presenta estrategias y objetivos interesantes marcados por el Ejecutivo como destinar 1.000 millones de euros, a razón de 200 millones de euros anuales, para subvencionar la compra de vehículos eléctricos, unas cifras considerablemente superiores a las ofrecidas hasta ahora. El plan de ayudas comenzaría en el año 2021 y llegaría hasta 2025. De esta manera, el Gobierno calcula que habrá circulando por España 5 millones de vehículos eléctricos en 2030 (lo que supondría un 15% del parque móvil total).

2.2.3.2 Infraestructura de recarga, situación actual y perspectiva a corto plazo

En 2018 España alcanzó los 5000 puntos de recarga públicos, una cifra que es significativamente menor que la de otros países de la UE, como se aprecia en la figura 27. El grueso de la infraestructura está instalado en núcleos urbanos, aunque está creciendo notablemente en las principales rutas del país, con el objetivo de alcanzar una media de 5 puntos de recarga por cada 100 Km de autovía.

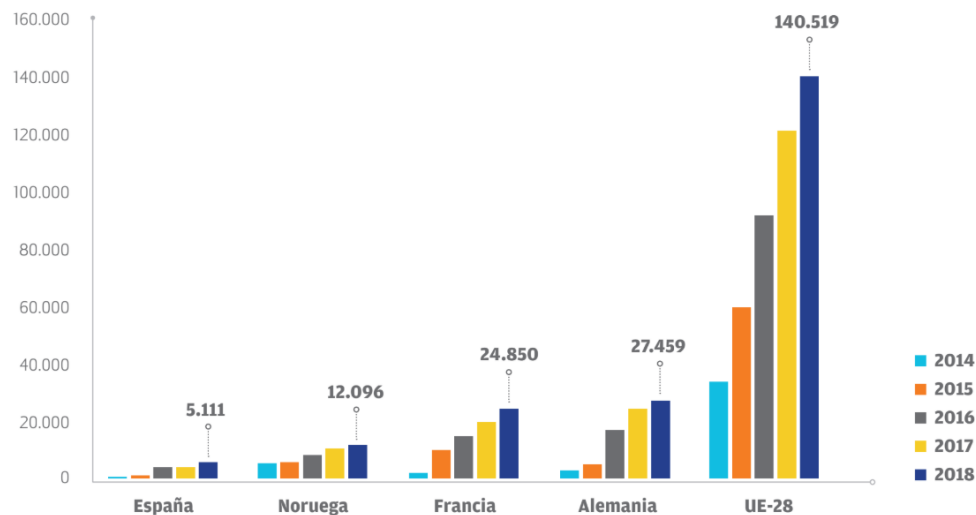


Figura 27: Comparativa de puntos de recarga [43]

Hasta ahora, los puntos de recarga suelen encontrarse en zonas estratégicas tales como parkings de hoteles o centros comerciales, universidades, polígonos industriales o en estaciones de servicio convencionales pero de manera aislada. Recientemente está cogiendo fuerza el concepto de las “electrolineras”, que reúne a varios puntos de recarga juntos y con la vista puesta a situarlas en trazados interurbanos, como si de una gasolinera estándar se tratase. Con los objetivos que hemos visto que hay marcados para 2030, si el 16% de los coches en circulación tendrán propulsión eléctrica, se requerirá una red de carga rápida en itinerancia que permita realizar trayectos de largo recorrido y para servicios intensivos en uso como el taxi o flotas comerciales.

Es importante que tengamos en cuenta esta última reflexión, pues en nuestro país la mayoría de los coches realiza diariamente trayectos que no superan los 50 kilómetros, por lo que los recorridos urbanos con vehículo eléctrico estarían cubiertos con una recarga en el domicilio (que habitualmente realizaremos por la noche), mientras que las estaciones urbanas e interurbanas constituyen un complemento orientado, de momento, a satisfacer otro tipo de demanda y sobre todo a romper esa barrera psicológica de los viajes de largo recorrido en vehículo eléctrico.

A día de hoy la instalación y puesta en marcha de estaciones de recarga no es una inversión del todo rentable [66] y la prueba es que las estaciones de servicio que ya cuentan con puntos de recarga no obtienen grandes beneficios derivados de su

utilización (sólo 2 de cada 10 gasolineras en España disponen de puntos de recarga). El negocio de las compañías eléctricas no es el punto de recarga, sino la electricidad que se va a consumir. Es por ello por lo que los principales **operadores privados** están poniendo en marcha infraestructura de recarga por su cuenta. En el caso de **Endesa** [67], ha lanzado su subdivisión, Endesa X, que prevé instalar más de 8.500 puntos de acceso **público** con una inversión total de 65 millones de euros, de los que los primeros 2.000 puntos están previstos para el período 2019-2020, con la intención de dar acceso a la infraestructura al 75% de la población española. Los 6.500 puntos restantes se establecen entre 2021 y 2023, y buscan garantizar una cobertura más amplia de las zonas urbanas, las principales autopistas y las archipiélagos balear y canarios. Durante toda la duración también se tiene previsto instalar alrededor de 100.000 puntos de recarga **privados** en parkings residenciales y corporativos.

Por su parte, **Iberdrola** [68] planea invertir 10 millones de euros, para instalar más de 200 estaciones de recarga rápida en un plan de despliegue que cubrirá las 6 radiales, los 3 principales corredores transversales y llegará a todas las capitales de provincia. Las estaciones de carga suministrarán energía eléctrica obtenida a partir de fuentes **renovables**, estarán situadas a no más de 100 km de distancia entre una y otra y tendrán capacidad para hacer recargas de entre cinco y treinta minutos (siempre que el vehículo lo soporte). De esta manera refuerza un proyecto que se enmarca en un plan de instalación, en los próximos cuatro años, de 25.000 puntos de recarga en total, destinados para uso residencial, empresarial y espacios públicos. Simultáneamente, ha iniciado su campaña *Smart Mobility Hogar*, en la que ofrece la posibilidad de instalar cargadores en los domicilios y realizar la recarga en las horas valle (generalmente por la noche).

En este nuevo escenario no sólo han mostrado iniciativas compañías eléctricas, sino que algunas petroleras han comenzado a participar de convenios [69] que les permita añadir puntos de recarga en algunas de sus estaciones de servicio. Repsol, en colaboración con el Ente Vasco de Energía, inauguró en el mes de abril en Vitoria su primer punto de recarga ultrarrápida, en un proyecto que contempla el despliegue de una red piloto de catorce instalaciones similares en todo el país. Actualmente este binomio tiene ya 200 puntos de recarga públicos distribuidos en 112 ubicaciones (50 en estaciones Repsol) y 1.100 en el ámbito privado.

A su vez, la petrolera española Cepsa ha firmado un acuerdo de colaboración con IONITY [70], la red de carga europea de alto rendimiento impulsada por el Grupo BMW, Daimler AG, Ford Motor Company y el Grupo Volkswagen, para la instalación de puntos de recarga eléctrica en sus estaciones de servicio en nuestro país. IONITY ha comenzado este 2019 la instalación de hasta 100 puntos de recarga ultrarrápida, mientras que Cepsa será la responsable de identificar las estaciones en las que pueden implantarse estos puntos y adecuarlas para poder añadir estas instalaciones, que serán 100% de origen renovable. La red IONITY se centra en la carga ultrarrápida a lo largo de los corredores europeos. Sus puntos de recarga son compatibles con la mayoría de coches eléctricos, al utilizar el conector CCS.

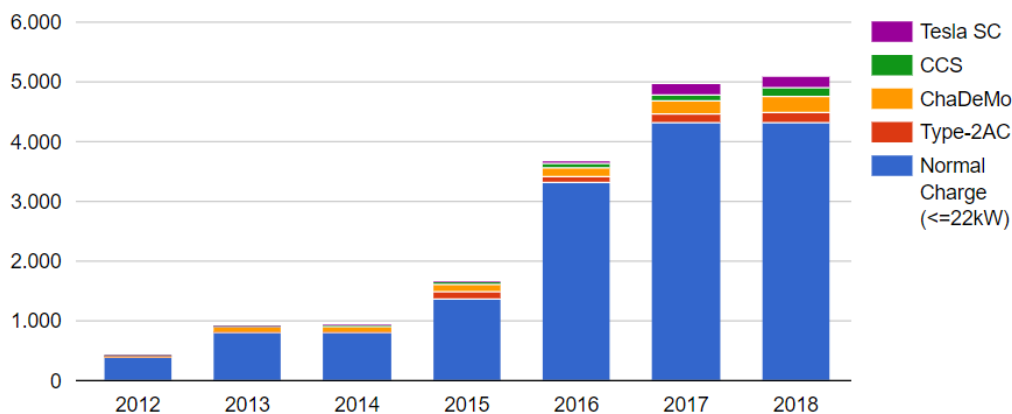


Figura 28: Evolución de las estaciones de recarga en España en función de los tipos de conectores [45]

Hoy en día presenciamos una baja penetración del vehículo eléctrico dentro del parque móvil europeo. En 2014 su consumo de electricidad representaba apenas el 0.03% del total, aunque con las previsiones existentes de crecimiento y consolidación en el mercado se prevé que llegue a alcanzar el 4.5% en 2030 y el 9.5% en 2050. Por ello, con unas previsiones de un 80% de vehículos eléctricos circulando, los países de la Unión deberán coordinarse y adecuar la infraestructura a este aumento de la demanda. Según la Agencia Europea de Medioambiente, se necesitará añadir una capacidad extra de 150GW a la existente. En zonas con una infraestructura de red débil, puede que sea necesario un refuerzo adicional de la red o la implementación de enfoques específicos de 'carga inteligente' para garantizar una infraestructura de distribución y generación de electricidad eficiente y flexible, que pueda adaptarse a los distintos picos de demanda que se sucedan. Tanto los fabricantes automovilísticos como las eléctricas están ideando estrategias que permitan la recarga de las baterías a través de una red eléctrica que sea sostenible, es decir, que sea económica y limpia, investigando, a su vez, formas de recarga que no sobrecarguen la red y permitan lograr una mayor eficiencia.

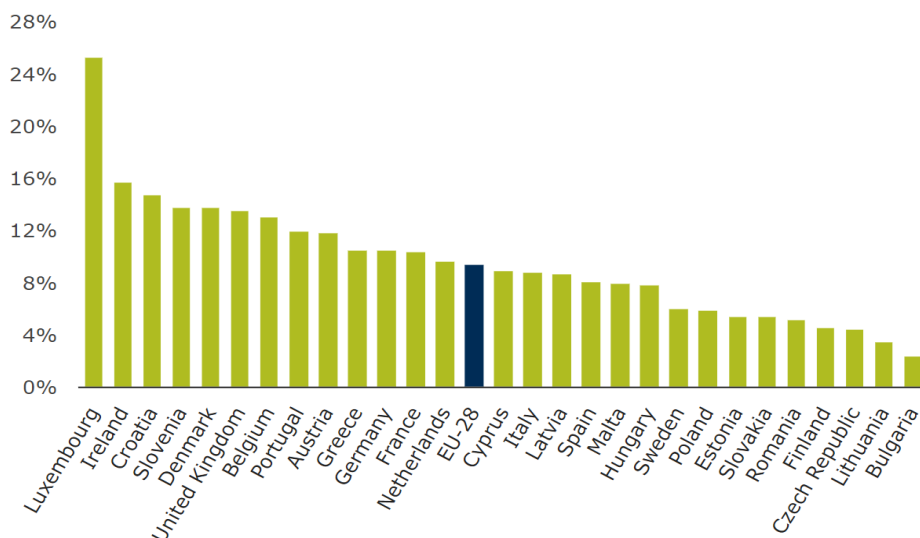


Figura 29: Previsión para el 2050 de la demanda de energía de vehículos eléctricos respecto de la demanda eléctrica total de cada país (en %) [71]

En España, Red Eléctrica, encargado de gestionar la red de transporte, ha afirmado que el suministro se encontrará totalmente garantizado. Desde la perspectiva de la producción y el transporte, el sistema eléctrico está preparado para la integración de los vehículos eléctricos que se esperan durante la transición energética, a la par que se estima que por cada por cada millón de vehículos nuevos que se incorporen, la demanda eléctrica se incrementaría en torno al 1% [72], algo totalmente asumible para el sistema según fuentes de la propia compañía.

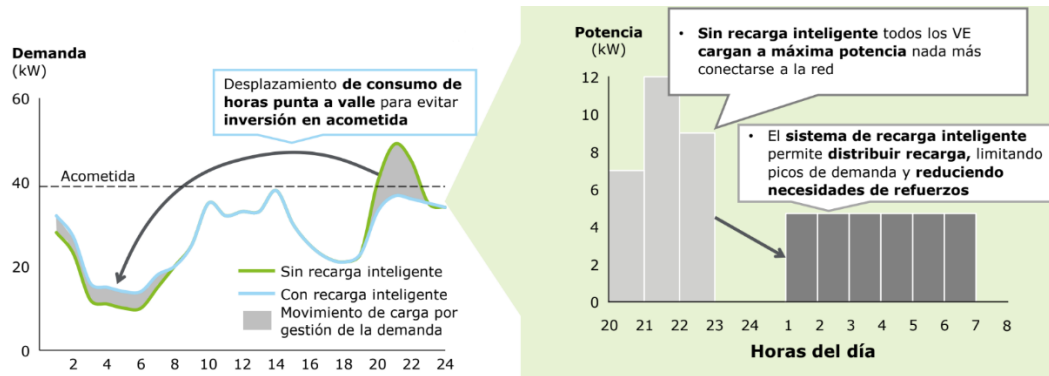


Figura 30: Curva de demanda diaria de un bloque de viviendas con y sin recarga inteligente y recarga del vehículo eléctrico con y sin recarga inteligente [73]

También se han comenzado a estudiar nuevas alternativas para mejorar la eficiencia del suministro y el almacenamiento de la energía, con técnicas como el V2G:

El *Vehicle-to-grid (V2G)* es una tecnología innovadora en la que el flujo de energía entre el coche eléctrico y la red es bidireccional, por lo que la conexión puede aprovecharse tanto para la recarga como para ceder energía a la red. Requiere de puntos de carga específicos que puedan soportar esa transferencia de energía en ambos sentidos. De este modo, los vehículos pueden actuar como soporte de la red en tiempo real, en momentos de baja producción o bien cuando exista una elevada demanda. También es un sistema pensado para compensar las fluctuaciones de la red, y que cuenta con un enorme potencial para disminuir la intermitencia en la producción de energía de la mayoría de fuentes renovables. De momento está siendo testado por la distribuidora italiana Enel y Nissan, que con sus modelos *Leaf* y *e-NV200* busca convertirse en un pionero en esta tecnología.

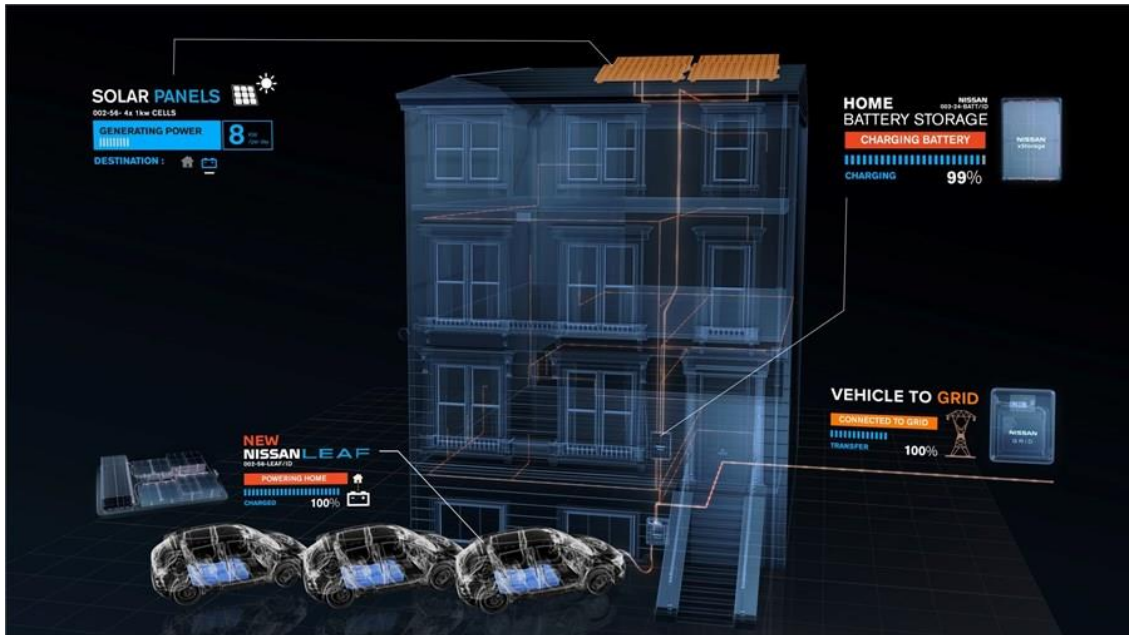


Figura 31: Modelo de “ecosistema eléctrico” presentado por Nissan en el que el vehículo participa de la infraestructura eléctrica de un domicilio. En él se observa un sistema de almacenamiento energético doméstico que posibilita al consumidor poder gestionar mejor sus costes energéticos e incluso generar su propia electricidad a partir de paneles solares, permitiendo que la generación de electricidad para recargar las baterías del coche sea 100% renovable y produzca cero emisiones [74]

El V2G propone darle un doble juego a los vehículos eléctricos, que pasan a ser considerados como una enorme tropa de baterías móviles que conjuntamente componen un gran sistema de almacenamiento dinámico. Es aquí donde entrarían en juego las redes eléctricas inteligentes.

No obstante, el *vehicle to grid* genera cierta controversia debido a que al aumentar los ciclos de carga y descarga se acelera la degradación de las baterías, por lo que se la considera una técnica a tener en cuenta en los próximos años pero que aún no presenta una rentabilidad económica. Aunque con el incremento de la capacidad de las baterías, el crecimiento y consolidación de las energías renovables en el panorama europeo hace pensar en la importancia de seguir investigando en una tecnología con futuro que contribuirá a contar con una red más estable y limpia para el usuario gracias al vehículo eléctrico.

Teniendo ya una idea de cómo está la situación en nuestro país, una de las principales preguntas que se hacen los potenciales compradores de los vehículos eléctricos trata sobre el coste en la recarga, a la hora de analizar si apostar por este tipo de movilidad resulta rentable, a medio/largo plazo. Existen varias alternativas y ofertas en el mercado donde tanto los precios de la energía y la recarga pueden cambiar notablemente. Los distintos operadores ofrecen diversas soluciones, que incluyan distintos precios en función del horario o la potencia de la recarga, o incluso ofertas de precio por recarga, sin depender de la cantidad repostada. Ante todo, como consumidor, puede escogerse entre el mercado regulado o el mercado libre.

En el mercado libre existen todo tipo de tarifas y de compañías eléctricas, y se paga el precio del kWh que ponga en el contrato para cada hora.

Por lo general en el caso de tener un coche eléctrico se suele recomendar contratar una tarifa con **discriminación horaria**. Este tipo de tarifas dividen el día en distintos periodos, cada uno con un precio diferente. La más habitual es la tarifa de Discriminación Horaria de 3 Periodos (**2.0DHS**, conocida como **Tarifa Vehículo Eléctrico**), donde las franjas que considera son siempre las mismas independientemente de la época del año, y el período óptimo y más económico (en general no supera los 0,10 €/kWh) es el conocido como “Horas Supervalle” (entre la 1 y las 7 de la madrugada). Para poder contratar una tarifa discriminatoria nuestra casa o local no debe tener contratados más de 10kW de potencia. El precio se fija por el Precio Voluntario al Pequeño Consumidor (**PVPC**), que se incluye dentro del **mercado regulado** [75] y se designa según cada hora del día, basándose en el coste establecido por el Gobierno a través de la Red Eléctrica de España, y considerando la oferta y demanda de energía para un momento concreto.

En el caso de utilizar un punto de carga público, puede que algunos sean gratuitos (por lo general los ubicados en centros comerciales, hoteles, campus...) o que requieran de un bono de recarga o similar.

Capítulo 3 - DESARROLLO DE APLICACIÓN DE RECARGA

Como complemento al estudio presentado en los capítulos anteriores, en este último apartado se propondrá el diseño de una aplicación que permitirá calcular la franja óptima de recarga de un vehículo eléctrico en base a diferentes criterios.

3.1 Finalidad

Al tratarse de una primera versión de la aplicación, si bien los cálculos ofrecidos no son extremadamente complejos, pueden servir perfectamente para hacernos una idea básica de otro de los principales temas de debate en el mundo del vehículo eléctrico: su coste asociado durante su uso cotidiano y su implicación real en cuanto a posibles emisiones indirectas. Es por ello por lo que la aplicación podría presentar incluso un cierto carácter didáctico para su uso en un ámbito docente, de cara a poder mostrar unas cifras que permitan dar una visión global de lo que supone un vehículo de estas características.

El usuario de esta aplicación podrá escoger si prefiere realizar la recarga de su vehículo eléctrico tomando como referencia los precios del mercado o las emisiones producidas en la generación eléctrica. En ambos supuestos se calculará la franja óptima, implicando el menor coste posible para el usuario o el menor número de emisiones de CO₂ generada, ciñéndonos en ambos casos al ámbito nacional

El entorno de trabajo utilizado al que recurriremos es Visual Studio, con el que generaremos nuestro proyecto. La aplicación ha sido diseñada utilizando el lenguaje de programación C#.

3.2 Fuentes de datos utilizadas

Los datos que utilizaremos han sido exportados en formato Excel directamente desde las fuentes que se explican a continuación:

- Mercado eléctrico: Si el criterio es meramente económico, deberemos consultar los precios del mercado eléctrico. En nuestro caso, los datos ofrecidos por el Operador del Mercado Ibérico de Energía [76] se presentan bastante útiles. A través de su página web podemos conocer la subasta del mercado tanto para el propio día de consulta como para el siguiente, lo que puede resultar muy interesante de cara a planear el momento de recarga en las próximas horas.

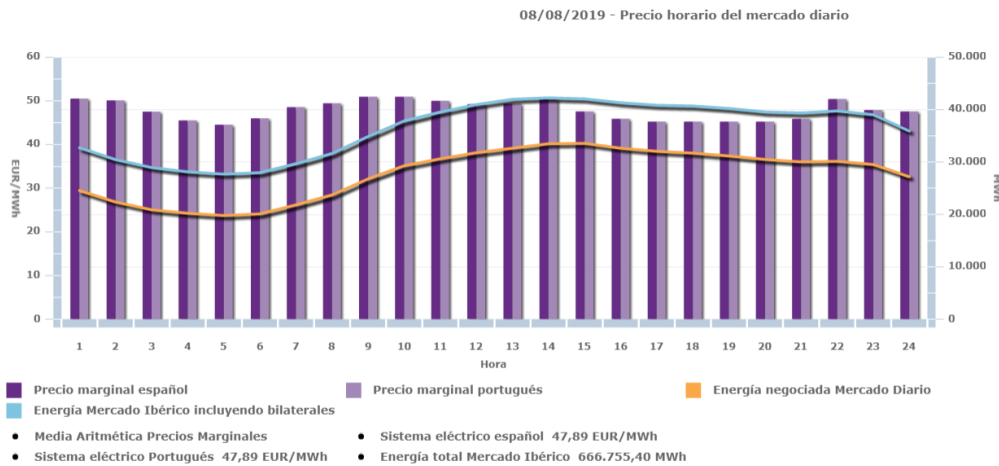


Figura 32: Previsión de la evolución del precio de la electricidad para los sistemas peninsulares para el día 8/8/19 [77]

Serie	Precio marginal español	Precio marginal portugués	Energía negociada Mercado Diario
1	54,47	54,47	25305,5
2	51,6	51,6	23150,7
3	48,57	48,57	21775,6
4	48,24	48,24	21290,2
5	47,7	47,7	21008,6
6	48,8	48,8	21232,8
7	49,3	49,3	22817,5
8	51,6	51,6	25333
9	54,47	54,47	28085
10	54,97	54,97	30603,8

Figura 33: Fichero exportado - Evolución del precio de la electricidad para los sistemas peninsulares para las 10 primeras horas del 11/7/19 [77]

- Emisiones: En caso de que tengamos una conciencia más “verde”, podremos calcular el momento de recarga tomando como referencia las emisiones generadas en la producción de la energía eléctrica. Gracias al portal ESIOS de Red Eléctrica de España [78], podemos obtener la generación libre de CO₂ durante un día, y calcular la franja de recarga cuando se presenten los mayores valores.

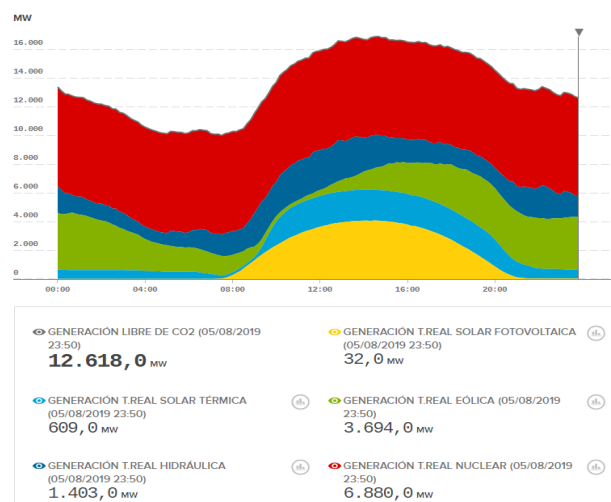


Figura 34: Generación eléctrica total e individual de las distintas energías libres de emisiones para el día 05/08/2019 [78]

name	geoid	geoname	value	datetime
Generación libre de CO2			88.746,00	2019-07-15T00:00:00+02:00
Generación libre de CO2			86.274,00	2019-07-15T01:00:00+02:00
Generación libre de CO2			83.073,00	2019-07-15T02:00:00+02:00
Generación libre de CO2			81.122,00	2019-07-15T03:00:00+02:00
Generación libre de CO2			80.491,00	2019-07-15T04:00:00+02:00
Generación libre de CO2			79.572,00	2019-07-15T05:00:00+02:00
Generación libre de CO2			81.856,00	2019-07-15T06:00:00+02:00
Generación libre de CO2			84.417,00	2019-07-15T07:00:00+02:00

Figura 35: Fichero exportado - Evolución de la generación total libre de emisiones de CO₂ para el 15/7/19, entre las 0 y las 7 h [78]

3.3 Funcionamiento de la aplicación



Figura 36: Vista general de la aplicación

Una vez lanzada la aplicación, se deberá elegir el fichero desde donde obtendremos los datos (costes/emisiones) a utilizar para realizar los cálculos.

A continuación, los menús desplegables nos permitirán escoger entre diferentes modelos de vehículo eléctrico (que definirán la capacidad de la batería) y los conectores (que determinarán la potencia de recarga, explicados en el punto 2.1.4). En función de los parámetros escogidos, se determinará la duración de la recarga, que establecerá el número de horas de la franja a obtener.

Se pueden calcular las siguientes estimaciones:

- Franja de recarga en base a coste: Establece el intervalo horario con menor coste por €/kWh. En nuestro caso la tarifa de referencia es la “tarifa coche eléctrico”, para la cual generalmente se ofrecerán franjas de recarga en horario nocturno. También se indica el coste medio total de dicha recarga.

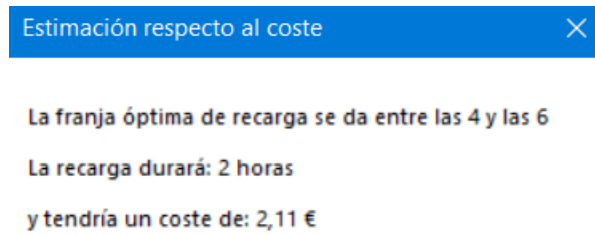


Figura 37: Ejemplo de uso de la aplicación con la franja ofrecida para el Renault Zoe con el 10% de batería disponible

También se muestra la evolución del precio para las 24h del día de consulta:

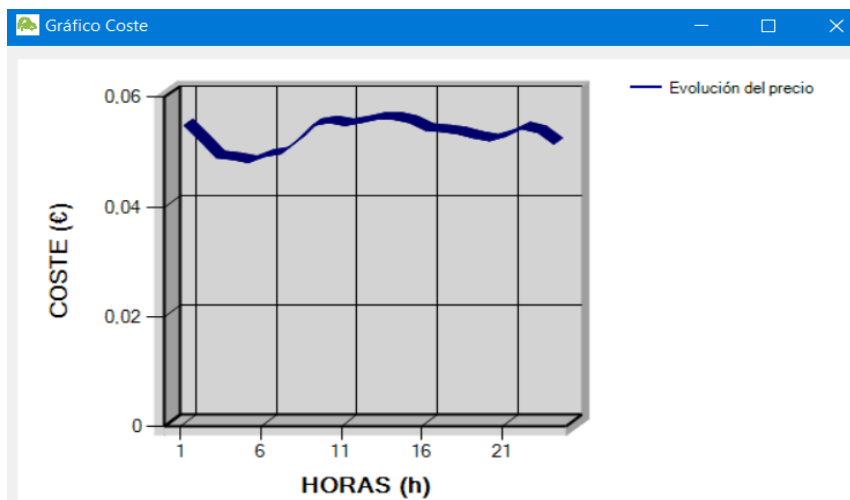


Figura 39: Evolución del precio del kW/h para el 11/7/2019

- Franja de recarga en base a emisiones: Similar al caso anterior, pero en este supuesto el objetivo consiste en situar la franja en las horas donde la generación eléctrica producida por energías libres de CO₂ sea mayor.

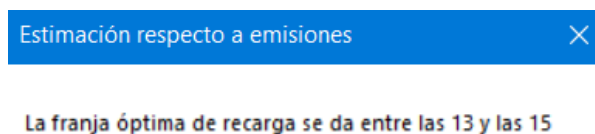


Figura 38: Ejemplo de uso de la aplicación con la franja ofrecida para el Renault Zoe con el 10% de batería disponible

También se muestra la evolución de la generación producida por fuentes limpias:

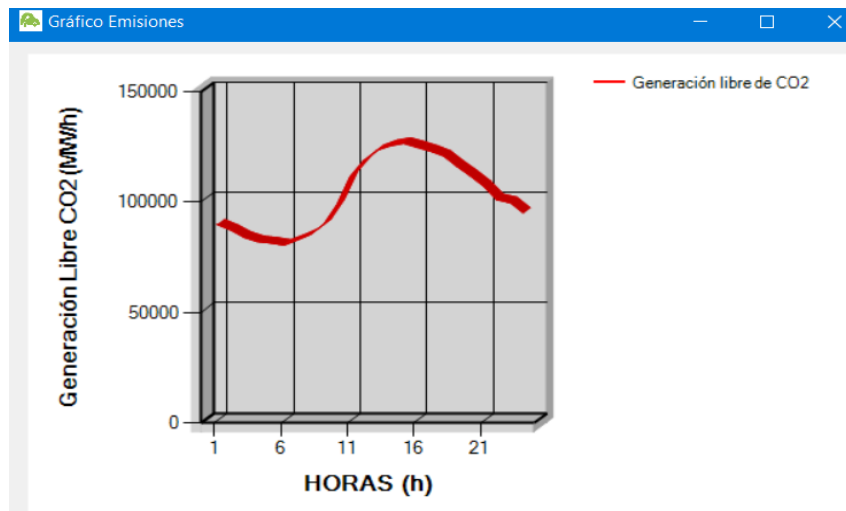


Figura 41: Evolución de la generación libre de emisiones para el 16/7/2019

- Comparativa con vehículo de combustión: A medio camino entre las dos opciones anteriores. En función del modelo eléctrico escogido, en este apartado realizaremos la comparación con un vehículo de combustión que sea equivalente en cuanto a segmento y prestaciones. El usuario introducirá el precio del litro del carburante en cuestión, así como la media de kilometraje que realiza anualmente. En este caso el cálculo debe ser tomado como una mera aproximación, pues se realiza la estimación de un año entero a partir de la media del €/kWh y del carburante en cuestión de un día en concreto. Tras obtener el nº de recargas para el modelo eléctrico y su coste asociado para poder ver el coste anual aproximado para cada uno de los vehículos. También se mostrará la cantidad de CO₂ que se ha evitado emitir de manera *directa* conocidos los niveles de emisiones (gr/km) para el modelo térmico.

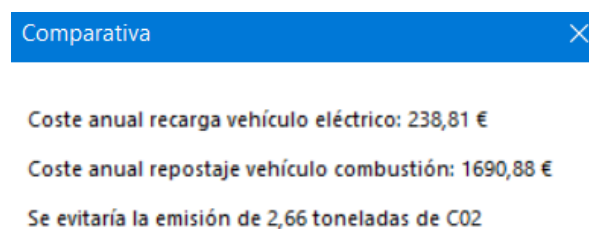


Figura 40: Resultados de la comparativa para un Tesla Model S75 y un Audi A6 Berlina

Capítulo 4 - CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

La existencia del cambio climático es un hecho y su evolución en las últimas décadas hace tener que tengamos que plantearnos soluciones y alternativas que reduzcan en lo posible la causa que lo produce, la mayoría por actividades causadas por la mano del hombre. A su vez, el cambio climático ocasiona serios perjuicios para el ser humano, así como para el entorno natural que nos rodea. Las energías renovables son un componente clave en la transición que debe afrontar el sector energético y la sociedad en general en su duelo contra el cambio climático. Se presupone por ello que van a tener una gran relevancia en el cambio energético que se vivirá en los próximos años con el probable agotamiento y abandono de los combustibles fósiles como fuentes de energía convencionales.

Respecto a los incentivos para la adquisición de un vehículo *limpio*, en comparación con los proyectos aprobados en algunos de los países vecinos observamos que en España tanto la cuantía de sus dotaciones como la duración es menor. Desde algunas asociaciones del sector se ha criticado esta inestabilidad y corta duración de los planes de ayuda activados, proponiéndose en su lugar soluciones permanentes como aplicar una reducción del IVA [64] del 21% actual al 10%, para todos estos vehículos con tecnología eléctrica. Además, las diferentes leyes de cambio climático, planes de calidad del aire y de movilidad en ciudades sólo consiguen potenciar la indecisión de los potenciales compradores, retrasando su decisión de compra a la espera de que se aclare la situación y, en muchos casos, optando por una menor inversión en forma de vehículo de segunda mano de más de 15 años. Con un mercado de vehículo alternativo débil y con los costes logísticos de fabricar en nuestro país, no parece que España puede ser un destino atractivo para la producción de coches eléctricos, al menos ahora mismo. Se debe primero adecuar la infraestructura y el mercado de vehículos alternativos para que, a partir de ahí, una parte de la producción sea para suministrar al mercado doméstico.

→ Líneas de mejora:

Las posibles líneas de trabajo están orientadas principalmente a la aplicación, que ofrece varias opciones para poder ampliarse en un futuro, como por ejemplo: obtener los datos de una API o un portal web, ampliar el abanico de modelos eléctricos a escoger (o seleccionarlos desde una base de datos), poder realizar una estimación de emisiones para varios días, limitar los cálculos a una zona/región en particular...

Las estadísticas y diferentes cifras recogidas a lo largo de este documento recogen datos hasta el primer trimestre de este año por lo que, en un sector tan cambiante y con gran perspectiva de crecimiento como es el de la movilidad alternativa, estos registros evolucionarán notablemente con el paso de los años.

ANEXOS

ANEXO 1 - Definiciones de Eurostat en referencia a las estadísticas de EERR [79]

- El consumo interior bruto de energía representa la cantidad total de recursos energéticos utilizados para todos los fines.
- La energía disponible para el consumo final representa la cantidad total de recursos energéticos disponibles para los consumidores (privados, comerciales e industriales). Excluye la energía utilizada en los procesos de transformación (por ejemplo, centrales eléctricas, refinerías de combustible, altos hornos). También incluye productos energéticos que podrían utilizarse para fines no energéticos (por ejemplo, en procesos químicos).

El consumo final bruto de energía se define en la Directiva sobre energía renovable 2009/28/CE como los productos energéticos entregados con fines energéticos a la industria, el transporte, los hogares, los servicios (incluidos los servicios públicos), la agricultura y la pesca, incluido el consumo de electricidad.

ANEXO 2.1 - Tabla de Clasificación de categorías de vehículos [80]

CATEGORÍA POR CRITERIOS DE HOMOLOGACIÓN	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN POR CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN ANEXO II R.G.V.
Categoría M	Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de personas y su equipaje (Reglamento UE 678/2011)	
Categoría M ₁	Vehículos de la categoría M que tengan, como máximo, ocho plazas de asiento además de la del conductor. No dispondrán de ningún espacio para viajeros de pie. El número de plazas podrá limitarse a una (es decir la del conductor).	10
Categoría M ₂	Vehículos de la categoría M que tengan más de ocho plazas de asiento además de la del conductor y cuya masa máxima no sea superior a 5 toneladas. Los vehículos pertenecientes a la categoría M ₂ podrán tener, además de las plazas de asiento, espacio para viajeros de pie.	11, 12, 13, 14
Categoría M ₃	Vehículos de la categoría M que tengan más de ocho plazas de asiento además de la del conductor y cuya masa máxima sea superior a 5 toneladas. Los vehículos pertenecientes a la categoría M ₃ podrán tener espacio para viajeros de pie.	12, 13, 14, 16
Categoría N	Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de mercancías.	
Categoría N ₁	Vehículos de la categoría N cuya masa máxima no sea superior a 3,5 toneladas.	20, 23, 24
Categoría N ₂	Vehículos de la categoría N cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas pero no a 12 toneladas.	21, 23, 25
Categoría N ₃	Vehículos de la categoría N cuya masa máxima sea superior a 12 toneladas.	22, 23, 26

(1)

Categoría L	Vehículos de motor de dos o tres ruedas, gemelas o no, y cuadriciclos, destinados a circular por carretera, así como sus componentes o unidades técnicas (Directiva 2002/24/CE: fecha de aplicación para nuevos tipos el 09/11/2003 y para nueva matrícula el 09/11/2004.)	
Categoría L1e	Ciclomotores: vehículos de dos ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm ³ (combustión interna) o potencia continua nominal máxima inferior o igual a 4 kW (motores eléctricos).	03
Categoría L2e	Vehículos de tres ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm ³ (motores de encendido por chispa positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW (demás motores de combustión interna o motores eléctricos).	03, 05
Categoría L3e	Motocicletas: Vehículos de dos ruedas sin sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm ³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.	04
Categoría L4e	Vehículos de dos ruedas con sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm ³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.	04
Categoría L5e	Vehículos de tres ruedas simétricas con un motor de cilindrada superior a 50 cm ³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.	05, 06
Categoría L6e	Cuadriciclos ligeros cuya masa en vacío sea inferior o igual a 350 kg., no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, cuya velocidad máxima por construcción sea inferior o igual a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm ³ (motores de encendido por chispa positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW. (demás motores de combustión interna o motores eléctricos).	03
Categoría L7e	Cuadriciclos cuya masa en vacío sea inferior o igual a 400 kg. (550 kg. para vehículos destinados al transporte de mercancías), no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y potencia máxima	06

(2)

Categoría L	Vehículos a motor con menos de cuatro ruedas (Resolución de conjunto R.E.3.)	
Categoría L ₁	Vehículos de dos ruedas de cilindrada ≤ 50 cm ³ (en caso de motor térmico) y velocidad máxima ≤ 50 km/h.	03
Categoría L ₂	Vehículos de tres ruedas de cilindrada ≤ 50 cm ³ (en caso de motor térmico) y velocidad máxima ≤ 50 km/h.	03, 05
Categoría L ₃	Vehículos de dos ruedas de cilindrada > 50 cm ³ (en caso de motor térmico) o velocidad máxima > 50 km/h.	04
Categoría L ₄	Vehículos de tres ruedas asimétricas, con respecto al eje medio longitudinal del vehículo, de cilindrada > 50 cm ³ (en caso de motor térmico) o velocidad máxima > 50 km/h.	04
Categoría L ₅	Vehículos de tres ruedas simétricas, con respecto al eje medio longitudinal del vehículo, de cilindrada > 50 cm ³ (en caso de motor térmico) o velocidad máxima > 50 km/h.	05, 06
Categoría L	Vehículos de motor de dos o tres ruedas, gemelas o no, y cuadriciclos, destinados a circular por carretera, así como sus componentes o unidades técnicas (Directiva 2002/24/CE: fecha de aplicación para nuevos tipos el 09/11/2003 y para nueva matrícula el 09/11/2004.)	
Categoría L1e	Ciclomotores: vehículos de dos ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm ³ (combustión interna) o potencia continua nominal máxima inferior o igual a 4 kW (motores eléctricos).	03
Categoría L2e	Vehículos de tres ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm ³ (motores de encendido por chispa positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW (demás motores de combustión interna o motores eléctricos).	03, 05
Categoría L3e	Motocicletas: Vehículos de dos ruedas sin sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm ³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.	04
Categoría L4e	Vehículos de dos ruedas con sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm ³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.	04
Categoría L5e	Vehículos de tres ruedas simétricas con un motor de cilindrada superior a 50 cm ³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.	05, 06
Categoría L6e	Cuadriciclos ligeros cuya masa en vacío sea inferior o igual a 350 kg., no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, cuya velocidad máxima por construcción sea inferior o igual a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm ³ (motores de encendido por chispa positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW. (demás motores de combustión interna o motores eléctricos).	03
Categoría L7e	Cuadriciclos cuya masa en vacío sea inferior o igual a 400 kg. (550 kg. para vehículos destinados al transporte de mercancías), no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y potencia máxima	06

(3)

ANEXO 2.2 - Categorías de vehículos que podían beneficiarse del plan MOVALT (2017) [81]

Homologación	Categoría	Autonomía (km)	Potencia motor (kW)	Límite precio venta (€)	Ayuda estatal (€)		Ayuda concesionario (€)	
					Cuántía	Adicional por achatarramiento	Cuántía	Adicional punto recarga V
Pila de combustible	M1	—	—	—	5.500	750	1.000	—
		Entre 15 y 40		1.300	—		1.000	
		Entre 40 y 90		2.600				
		Mayor de 90		5.500				
	N1	Mayor de 60		8.000				—
M2, N2	—	8.000						
M3, N3		15.000						
L6e		1.950	—	150				
L7e	2.350							
EV	L3e, L4e, L5e	Mayor de 70			Mayor o igual a 3 y menor a 4,5	8.000	1.500	—
			Mayor o igual a 4,5	2.000				

ANEXO 2.3 - Ejemplo de protocolo anticontaminación

En las principales capitales del país, Madrid y Barcelona, han puesto en marcha progresivamente diversos protocolos que limitan la circulación a la par que refuerza el transporte urbano en ocasiones en las que los niveles de polución se sitúan en cotas muy elevadas. Vamos a ver como ejemplo las distintas restricciones que se han aplicado en la ciudad de Madrid.

Se establecen distintos niveles de actuación [82] en función de las concentraciones de dióxido de nitrógeno que se registren o se prevean registrar:

- ✧ Escenario 1: Reducción de la velocidad máxima a 70 Km/h en la circunvalación M-30 y accesos.
- ✧ Escenario 2: Prohibición de circulación por circunvalación la M-30 y carreteras interiores a vehículos que no disponga de etiqueta ambiental así como de aparcar en zonas **SER** (Servicio de Estacionamiento Regulado) excepto a los vehículos CERO o ECO.
- ✧ Escenario 3: Prohibición de la circulación en todo el término municipal a los vehículos a motor, incluidos ciclomotores, que no dispongan de etiqueta ambiental así como de aparcar en zonas SER excepto a los vehículos con distintivo CERO o ECO. Se recomienda a taxis que no estén servicio que no circulen, a no ser que dispongan del distintivo CERO o ECO, y podrán estacionar en las plazas SER, además de en sus paradas habituales a la espera de viajeros, en los términos que se establezcan en la Ordenanza de Movilidad Sostenible.
- ✧ Escenario 4: Prohibición de la circulación en todo el término municipal a los vehículos a motor, incluidos ciclomotores, que no dispongan de alguna etiqueta ambiental y en el interior de la M-30 y por la M-30 a los vehículos a

motor, incluidos ciclomotores, que no tengan la clasificación ambiental de CERO, ECO o C.

Sumado a todos estos escenarios y siguiendo el Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Ciudad de Madrid, a final del año pasado se presentó *Madrid Central*, una “zona de bajas emisiones”, según la describe el Ayuntamiento [83], que se corresponde con una gran superficie de la ciudad (472 hectáreas que incluyen las principales Áreas de Prioridad Residencial). En su interior no hay calles de libre circulación, salvo algunos viales con objeto de permitir determinadas incorporaciones, por lo que se elimina el tráfico de paso por el centro de la ciudad. El perímetro coincide con el primer cinturón de circulación de Madrid, el de las rondas y bulevares. En esta área se aplican **permanentemente** restricciones de circulación, si bien los días en que se activa el Protocolo de actuación para episodios de contaminación, prima el Protocolo, al ser éste una medida extraordinaria temporal de restricción del tráfico durante episodios de alta contaminación.

Sólo tienen permiso de circular por esta zona:

- Vehículos con etiqueta ambiental 0 Emisiones podrán circular y estacionar en zona SER sin restricción horaria.
- Vehículos con etiqueta ECO podrán entrar y estacionar en la zona SER en horario regulado un máximo de 2 horas.
- Vehículos con etiqueta C o B podrán acceder únicamente para aparcar en un aparcamiento de uso público, garaje privado o reserva de estacionamiento no dotacional.
- Vehículos de las personas empadronadas podrán circular y estacionar en el SER en su barrio, así como personas con movilidad reducida o servicios de emergencias, así como todos los que cumplan

GLOSARIO

- ✧ **GHGs:** Gases de Efecto Invernadero (GreenHouse Gas)
- ✧ **PPM:** Partes por millón. Unidad de medida de concentración que mide la cantidad de unidades de sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.
- ✧ **IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change). Fue creado en 1988 conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Su finalidad es evaluar información científica, técnica y socioeconómica relevante para su consideración por parte de la comunidad internacional en el proceso de toma de decisiones relativas a las causas, consecuencias y acciones necesarias para afrontar el cambio climático inducido por los seres humanos.
- ✧ **SRES:** Special Report on Emissions Scenarios. Representación de la posible evolución futura de las emisiones de elementos que podrían ser radiativamente activos (gases de efecto invernadero, aerosoles, etc.) basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas que las determinan (por ejemplo el desarrollo demográfico y socioeconómico o la evolución tecnológica) y las principales relaciones entre ellos. Los escenarios de concentraciones, obtenidos a partir de los escenarios de emisión, se utilizan en los modelos climáticos para obtener proyecciones climáticas.
- ✧ **REN21:** Red de políticas de energía renovable para el siglo XXI. Formada por una comunidad mundial de gobiernos, organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales, industria, ciencia, busca proporcionar información actualizada y de alta calidad para dar forma al debate energético.
- ✧ **MTep:** Millones de toneladas de petróleo equivalente. es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo, la cual, como varía según su composición química.
- ✧ **ICE:** Motor de combustión interna (Internal Combustion Engine).
- ✧ **NO_x:** Grupo de gases reactivos [tales como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂)] que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones.
- ✧ **IEC 62196:** Estándar internacional para el conjunto de conectores eléctricos y los modos de recarga (en especial, la rápida) para vehículos eléctricos.

- ✧ **GNC:** Gas Natural Comprimido. Es esencialmente gas natural almacenado a altas presiones, habitualmente entre 200 y 250 bares, según la normativa de cada país. Se compone principalmente de metano.
- ✧ **GLP:** Gas Licuado del Petróleo. También llamado autogas, es una mezcla de butano y propano.
- ✧ **Bifuel:** Un motor bifuel permite circular utilizando dos tipos de carburantes: combustibles comunes y carburantes alternativos. De esta manera, el vehículo utilizará gasolina o diésel y combustibles alternativos.

Bibliografía & referencias

- [1] José Luis Useros Fernández, *“El Cambio Climático: sus causas y efectos medioambientales”*.
- [2] Elórtegui, *“El efecto invernadero”*: <http://bit.ly/2GkYiFW>
- [3] *Figura 1* - Tercer Informe de Evaluación del IPCC de las Naciones Unidas capítulo 1.2.1; Kiehl and Trenberth, 1997: Earth’s Annual Global Mean Energy Budget, Bull. Am. Met. Soc. 78, 197-208.
- [4] OCEANA, *“Protegiendo los océanos del mundo – Gases de efecto invernadero”* <http://bit.ly/2UU6Prf>
- [5] Fundación BioPlanet, *“Deforestación y su íntima conexión con el cambio climático”*: <http://bit.ly/2UgYnho>
- [6] *Figura 2* - IEA (International Energy Agency)
- [7] *Figura 3* - Atmospheric Transmission: <http://bit.ly/2H9QtTp>
- [8] Ministerio para la Transición Ecológica, *“El Protocolo de Kyoto”*: <http://bit.ly/2USlP9j>
- [9] Gonzalo Ruiz, *“Origen y evolución del protocolo de Kyoto”*: <http://bit.ly/2Ge3UQR>
- [10] Ministerio para la Transición Ecológica, *“Principales elementos del Acuerdo de París”*: <http://bit.ly/2v0pRhI>
- [11] *Figuras 4, 6 y 7* – NASA Earth Observatory
- [12] *Figura 5* – Resumen del informe del IPCC: *“Global warming of 1.5°C - An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways”*
- [13] Ministerio para la Transición Ecológica, *“Guía resumida informe del IPCC sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5°C y las sendas de emisión relacionadas”*: <http://bit.ly/2GfeDuF>
- [14] Instituto Español de Oceanografía, *“Proyecto Océánicas”*: <http://bit.ly/2Xb6Apw>
- [15] Agnès Bardon (Servicio de prensa UNESCO), Nota de prensa *“La acidificación de los océanos se acelera a un ritmo sin precedentes”*: <http://bit.ly/2v31m2Z>
- [16] Dirk Hoffmann, *“Serie de los viernes: Los escenarios de emisiones del IPCC”*: <http://bit.ly/2VjdQbG>
- [17] Gobierno del Principado de Asturias - Red ambiental de Asturias, Informe *“Escenarios de emisiones SRES del IPCC”*: <http://bit.ly/2Z9rS8B>

- [18] *Figura 8* - Moreno, J.M. (Ministerio de Medio Ambiente – UCLM) 2005, “Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático en España”
- [19] ACCIONA, “La importancia de las energías renovables”: <http://bit.ly/2lkmTNc>
- [20] EADIC & Universidad de Alcalá (UAH), “Módulo III – Energía eólica, Conceptos Generales de la Energía Eólica”: <http://bit.ly/2VN9znQ>
- [21] Ministerio para la Transición Ecológica – IDAE, “Energía solar térmica”: <http://bit.ly/2KSn2d5>
- [22] APPA, “Tecnología hidráulica”: <http://bit.ly/2Zcf7KI>
- [23] Ministerio para la Transición Ecológica – IDAE, “Energías del mar”: <http://bit.ly/2veoifX>
- [24] Mirapeix, J.M., “Energía y Telecomunicaciones - Apuntes de la asignatura: Capítulo 1: Introducción a las Energías Renovables”
- [25] Twenergy - Una iniciativa de Endesa por la eficiencia y la sostenibilidad, “La energía undimotriz”: <http://bit.ly/2UCT3Ks>
- [26] *Figuras 9 y 10* - REN21, “Highlights of the REN21 Renewables 2018 Global Status Report in perspective”: <http://bit.ly/2UDbw9N>
- [27] Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo: <http://bit.ly/2Im0grN>
- [28] Comisión Europea, Nota de prensa “EU well on the way to meeting 2020 renewable energy target”: <http://bit.ly/2ImK6hV>
- [29] *Figuras 12 y 19.2* - Red Eléctrica de España (REE), “Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2017”.
- [30] *Figura 11* - Eurostat: <http://bit.ly/2XdUNH2>
- [31] *Figura 13* - Eurostat, “Estadísticas de energía renovable”: <http://bit.ly/2Im3wn1>
- [32] María del Mar Hidalgo García, “Marco 2030 de la UE: Cambio Climático y política energética”: <http://bit.ly/2InizwW>
- [33] *Figura 14* - Eurostat: <http://bit.ly/2KAwUYy>
- [34] *Figura 15* - Euroserv’er, “The state of Renewable Energies in Europe, 2018”
- [35] *Figuras 16, 18 y 19* - Red Eléctrica de España (REE), “Avance del informe del sistema eléctrico español 2018”.
- [36] *Figura 17* - Red Eléctrica de España (REE), “Evolución Interanual de las Energías Renovables en España”.
- [37] Portal Web Electromovilidad, “Historia del vehículo eléctrico”: <http://bit.ly/2XicEwS>
- [38] Factor Energía, “Tipos de vehículo eléctrico”: <http://bit.ly/2YSW3Qo>

- [39] Portal Web Endesa Vehículo Eléctrico, “Tipos de recarga”: <http://bit.ly/2Xgj7IC>
- [40] Portal Web Motorpasión, “Tipos de conectores y modos de carga”: <http://bit.ly/2Kd181V>
- [41] Figura 20 - Elaboración propia
- [42] Artículo Diario El País, “Francia quiere poner el fin a la venta de coches de diésel y gasolina en 2040”: <http://bit.ly/2EIP8BZ>
- [43] Figuras 21 y 27 - IDAE, FEMP y REE, “Guía de movilidad eléctrica para las entidades locales”.
- [44] Observatorio Cetelem, “El automóvil en España 2019”.
- [45] Figuras 22, 23 y 28 - EAFO y Observatorio Universidad de Comillas, “Observatorio del vehículo eléctrico: datos e índices”: <http://bit.ly/2HJkNEZ>
- [46] Figura 24 - Portal Web Xataka, The Guardian & EV-Volumes, “Europa supera el millón de coches eléctricos con las ventas disparadas en un 40%, pero España sigue a la cola”: <http://bit.ly/2WAN8FO>
- [47] Asociación Noruega del Coche Eléctrico (ELBI): <http://bit.ly/2JOehiy>
- [48] Federación de Energía de Alemania/Bundesverband der Energie (BDEW): <http://bit.ly/30QpFQt>
- [49] Noelia López Redondo - Portal Web MovilidadElectrica, “Europa y la movilidad eléctrica: esta es la situación en los principales países”: <http://bit.ly/2YRgywW>
- [50] Gonzalo García Martínez – Portal Web MovilidadElectrica, “La movilidad eléctrica en Francia, envidia...”: <http://bit.ly/2wrHOG3>
- [51] Gonzalo García Martínez – Portal Web MovilidadElectrica, “A partir de 2030 en París solo coches eléctricos”: <http://bit.ly/2XozLpi>
- [52] Gonzalo García Martínez – Portal Web MovilidadElectrica, “El 60% de los automóviles nuevos en Reino Unido deben ser eléctricos en 2030”: <http://bit.ly/2EK3Ecz>
- [53] Gobierno de Reino Unido – Departamento de Prensa, “Reformed Plug-In Car Grant extended into next decade”: <http://bit.ly/2YUQMI9>
- [54] Dirección General de Tráfico - Nota de Prensa, “La DGT clasifica el parque de vehículos en función de su potencial contaminante”: <http://bit.ly/2MeqHlN>
- [55] Ministerio de Industria – IDAE, “Informe Final del Plan MOVELE 2015”
- [56] Daniel Murias – Portal Motorpasión, “Estos son los coches y sus descuentos a los que podrás optar con el plan MOVALT”: <http://bit.ly/2KfdPto>
- [57] Figura 25 - Ministerio para la Transición Ecológica – IDAE, “Informe Final Programa MOVALT Vehículos”

- [58] Ministerio para la Transición Ecológica – IDAE, “PLAN MOVALT INFRAESTRUCTURA”: <http://bit.ly/2KejsI2>
- [59] Ministerio de Industria, “Consulta pública previa al Proyecto de Real Decreto por el que se regula la concesión directa de ayudas para la adquisición de vehículos de energías alternativas en 2019 (Plan MOVEA 2019)”
- [60] Boletín Oficial del Estado (16/02/19), “Real Decreto 72/2019, de 15 de febrero, por el que se regula el programa de incentivos a la movilidad eficiente y sostenible (Programa MOVES)”: <http://bit.ly/30YLLAk>
- [61] Ministerio para la Transición Ecológica – IDAE, “PLAN MOVES. INCENTIVOS A LA MOVILIDAD EFICIENTE Y SOSTENIBLE”: <http://bit.ly/2ww eoXq>
- [62] Nicolás Merino - Portal Web Autofácil, “Plan MOVES”: <http://bit.ly/2KlUtCy>
- [63] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, “II Plan MUS Información general”: <http://bit.ly/2JU4LuD>
- [64] Artículo Diario 20Minutos/EuropaPress, “La solución para impulsar la venta de coches eléctricos en España”: <http://bit.ly/30Wggqm>
- [65] Félix García - Artículo Diario El Mundo, “El Gobierno condena al diésel en 2040 sin hablar de prohibición ni de diésel”: <http://bit.ly/2JNryrI>
- [66] María Jesús Pérez-Barco – Artículo Diario ABC, “Las empresas se enchufan al negocio de las electrolinerías”: <http://bit.ly/2Z1tVKX>
- [67] Endesa – Nota de prensa, “Endesa instalará más de 100.000 puntos de recarga para vehículos eléctricos en los próximos 5 años”: <http://bit.ly/2JOldLK>
- [68] Iberdrola – Nota de prensa, “Iberdrola despliega la mayor red de estaciones de recarga rápida en autovías y corredores en España”: <http://bit.ly/2KgZQl6>
- [69] Sara Ledo – Artículo Diario El Periódico, “Comienza la guerra por las 'electrolineras'”: <http://bit.ly/2KlcNvX>
- [70] Cepsa – Nota de prensa, “CEPSA se alía con IONITY para instalar cargadores ultrarrápidos en España y Portugal”: <http://bit.ly/2KgP2Vy>
- [71] Figura 29 - Agencia Europea de Medioambiente, “Electric vehicles and the energy sector - impacts on Europe's future emissions”: <http://bit.ly/2HMTidQ>
- [72] Portal Web Endesa Vehículo Eléctrico, “Sí, hay energía para todos los vehículos eléctricos”: <http://bit.ly/2JOok7k>
- [73] Figura 30 – Monitor Deloitte, “Los retos y las necesidades de las redes para el despliegue eficiente de la infraestructura de recarga del vehículo eléctrico”
- [74] Figura 31 – Nota de prensa Nissan, “Nissan presenta un ecosistema eléctrico durante el Nissan Futures 3.0”: <http://bit.ly/30WA01Y>
- [75] Portal Web Endesa Clientes, “Qué es y cómo funciona la tarifa regulada PVPC”: <http://bit.ly/2WHCpK5>

- [76] OMIE – Datos del mercado: <http://bit.ly/2YQQnuQ>
- [77] OMIE – Resultados del mercado: <http://bit.ly/2YQQwz5>
- [78] Red Eléctrica de España – Portal ESIOS: <http://bit.ly/303RqUB>

Referencias Anexos

- [79] Eurostat, “Renewable Energy”: <http://bit.ly/2Z4B78Q>
- [80] Ministerio de Industria, “*Tabla de clasificación de categorías de vehículos*” según Directiva 2007/46/CE, 2002/24/CE, 2003/37/CE o Real Decreto 750/2010.
- [81] Boletín Oficial del Estado (23/06/19), “*Real Decreto 617/2017, de 16 de junio, por el que se regula la concesión directa de ayudas para la adquisición de vehículos de energías alternativas, y para la implantación de puntos de recarga de vehículos eléctricos en 2017 (Plan MOVEA 2017)*”: <http://bit.ly/2WB71wy>
- [82] Ayuntamiento de Madrid – Área de Medioambiente y movilidad, “*Protocolo de actuación para episodios de contaminación por dióxido de nitrógeno en la ciudad de Madrid*”: <http://bit.ly/2Khnp5o>
- [83] Portal Web del Ayuntamiento de Madrid, “*Madrid Central – Información General*”: <http://bit.ly/2YYQvUA>